This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Versuch

einer auf Theorie und Erfahrung gegründeten

Darstellung

der

wichtigsten Lehren der Hydrotechnik

von

Franz Ernst Theodor Funk,

Königl. Preuß. Geheimen Ober-Baurath.

Erster Band,

von der Bewegung des Wassers in Strom- und Flußbetten handelnd.

Mit fünf Kupfertafeln.

Berlin, 1820.

In Commission bei G. C. Nauck.

Gedruckt bei August Petsch.

~~V, 3284~~
Eng 928.20

1[illegible] Nov. 18.
Minot Fund.

SEINER EXCELLENZ

DEM

WIRKLICHEN GEHEIMEN STAATSMINISTER FÜR GEWERBE, HANDEL UND BAUWESEN,

RITTER MEHRERER HOHEN ORDEN,

HERREN GRAFEN von BÜLOW

EHRERBIETIGST GEWIDMET

vom VERFASSER.

Hochgeborner Herr Graf,
Hochgebietender Herr Geheime Staatsminister!

Alle Wissenschaften, die sich unmittelbar mit dem bürgerlichen Leben berühren, die insbesondere auf Beförderung des Handels und Erleichterung des Umsatzes der Producte Einfluſs haben, die die Cultur des Bodens, die Künste, und den National- und Gewerbefleiſs befördern und den Staat begütern und glücklich machen; erfreuen sich Ew. Excellenz besonderer Aufmerksamkeit und Fürsorge.

Auch ich verehre in Hochdenselben den unmittelbaren Beschützer und Beförderer der Hydrotechnik, einer Wissenschaft, die in das praktische Leben und auf die Wohlfahrt des Landes fühlbar und wohlthätig einwirkt, die aber noch sehr groſser Unterstützung bedarf, um zu derjenigen Vollkommenheit zu gelangen, deren sie fähig ist.

Erlauben daher Ew. Excellenz, daſs ich Ihnen diese Schrift, welche eine bedeutende Anzahl von Beobachtungen befaſst, deren

Zweck es ist, zur Erweiterung der Hydrotechnik beizutragen, und über Erscheinungen, die uns die Natur in der gröfsten Verwickelung vorlegt, Licht zu verbreiten, als einen Beweis der innigsten Dankbarkeit und Verehrung weihe; und als ein Zeichen des Ernstes, mit welchem ich dieser Wissenschaft obliege.

Mit der höchsten Ehrerbietung verbleibe ich

Ew. Excellenz

Berlin,
den 21. September 1819.

ganz gehorsamster Diener
Funk.

Vorrede.

In sehr vielen Fällen der Ausübung, wo man es mit Bewegung des Wassers in Flüssen und Strömen überhaupt, und insbesondere mit der Geschwindigkeit des Wassers zu thun hat, die ihren Einfluſs auf das Grundbett und auf die Ufer fliessender Gewässer ausübt; wird man in den Grundsätzen, wonach die Wasserwerke (in dieser Beziehung) angeordnet werden, die gröſste Verschiedenheit gewahr; so, daſs öfters dergleichen Anlagen nach ganz entgegengesetzten Meinungen zweier Sachverständigen ausgeführt werden. Dieses Schwanken in den Grundsätzen und in den Regeln, hat meines Erachtens zunächst seinen Grund darin, daſs es uns bis jetzt an einer systematisch geordneten, wissenschaftlich abgefaſsten Anleitung zur Hydrotechnik fehlt. Für die Fluſs- und Deich-Baukunde, für die Lehre von der Austrocknung, Entwässerung und Bewässerung, für den Wehr-, Brücken-, Kanal-, Schleusen-, Seeufer- und Hafenbau u. s. w. hat man theilweise sehr schätzbare wissenschaftliche Untersuchungen, Grundsätze und allgemeine Erfahrungen; aber ein systematisch geordnetes Werk, das uns mit steter Hinweisung auf die wissenschaftliche Mechanik und auf die Experimental-Hydraulik ganz allgemeine Grundsätze, unwiderlegbare Erfahrungssätze, Lehrsätze u. s. w., die mit aller Sicherheit jeder Anlage zur Grundlage dienen können, aufstellt, kenne ich nicht. Und doch ist dies ein Bedürfniſs, das besonders jeder Anfänger in dieser Wissenschaft fühlt. Allein ein solches Unternehmen ist auch nicht leicht, wie mehrere Gelehrten unsers Zeitalters, denen ein Urtheil darüber zustehet, eingestehen.

Denn in einer Erfahrungswissenschaft, die erst im Entstehen ist, hält man es mit Recht für sehr schwer, stets das Allgemeine von dem Besonderen, das Nothwendige von dem Willkührlichen zu trennen; das Synthetische mit dem Analytischen zu verbinden, und durch Definitionen, allgemeine Grund- und Erfahrungssätze u. s. w. sich überall verständlich zu machen, und da zu belehren, wo uns noch überall die Beobachtungen, für diese oder jene Erscheinungen, entweder ganz abgehen, oder doch noch höchst mangelhaft sind.

Auch scheint es mir, daſs eine solche Arbeit nicht das Unternehmen eines einzelnen Mannes seyn könne. Zur Aufstellung einer systematisch geordneten, wissenschaftlich abgefaſsten Anleitung zur Hydrotechnik, gehört auſser den erforderlichen mathematischen und andern Vorkenntnissen ein ganz ungemein groſser Schatz von Erfahrungen in allen denjenigen Theilen,

welche die Hydrotechnik in der weitesten Ausdehnung befafst. Wäre es nun auch wirklich der Fall, dafs sich in einem einzelnen Manne die Summe dieser Vor- und Erfahrungskenntnisse vereinigte, so halte ich es doch fast nicht für möglich, dafs demselben so viele Nebenzeit übrig bliebe, um ein solches Werk (woran er nur stets mit Unterbrechung, seiner praktischen Geschäfte wegen, arbeiten kann) zu vollenden.

Es wäre daher gewifs ein sehr nützliches Unternehmen, wenn sich ein Verein von mehreren Männern, die sich mit der praktischen Anwendung der Mathematik beschäftigen, bildete; und jeder diejenigen Abschnitte der Hydrotechnik systematisch-wissenschaftlich bearbeitete, worin er ganz besonders eingeweihet ist, oder welche ihm zu bearbeiten wahres Vergnügen gewährt.

In einigen Jahren könnte ein solches Werk in seiner ganzen Vollkommenheit (so weit der Zustand der Wissenschaft und der Experimental-Hydraulik es gestatten) zu Stande kommen.

Ein solches Unternehmen wäre nicht allein für alle diejenigen Gewerbe des bürgerlichen Lebens, bei deren Betrieb es auf die Benutzung fliefsender Gewässer ankommt, sondern auch selbst für die Landesregierungen ein wahrer Gewinn, indem mit Vervollkommnung der Wissenschaft, unstreitig ganz allgemeine Grundsätze festgestellt werden würden, deren Anwendung, neben einer gröfsern Zweckmäfsigkeit der anzulegenden Wasserwerke, auch einen sicherern Erfolg bei der Ausführung derselben gewährt.

Jedem Hydrotechniker, dem es um wahre Wissenschaft, und um deren Verbreitung und Beförderung zu thun ist, wird daher alles erwünscht seyn, was, die Ausführung eines Gedankens dieser Art vorbereitend, Veranlafsung wird, dafs mit gemeinsamer Hand eines thätigen Vereins, dem Bedürfnifs einer systematisch geordneten, wissenschaftlich abgefafsten Anleitung zur Hydrotechnik abgeholfen werde.

Zu diesem Zweck habe ich seit 16 Jahren sehr viele, und wie ich hoffe, beachtungswerthe hydraulische Beobachtungen theils gesammelt, theils selbst angestellt oder anstellen lassen, die insbesondere als Materialien bei Bearbeitung einer wissenschaftlichen Flufsbaukunde zu benutzen seyn dürften, und nicht unwichtige Aufschlüsse über die Bewegung des Wassers in Strom- und Flufsbetten (den wichtigsten und schwierigsten Theil der Hydrotechnik) mir zu versprechen scheinen.

Ich lege sie dem sachverständigen Publikum mit dem Ersuchen vor, die Anwendung, welche ich davon gemacht habe, mit Nachsicht zu beurtheilen.

Berlin, den 21. September 1819.

Funk.

Einleitung.

Die Alten kannten die Gesetze der Hydrostatik, aber von einer Theorie, über die Bewegung des Wassers in Strom- und Kanalbetten, wußten sie nichts. Zwar hat Sextus Julius Frontinus, Oberaufseher der öffentlichen Brunnen in Rom, unter den Kaisern Nerva und Trajan, in seinem Werk: *De aquae ductibus urbis Romae Commentarius*, Betrachtungen über die Bewegung des Wassers in Kanälen angestellt; doch findet sich in seinen Resultaten keine geometrische Genauigkeit, weil das Gesetz der Geschwindigkeit, in Rücksicht auf die Höhe des drückenden Wassers, damals noch unbekannt war. Desto größer aber waren ihre praktischen Kenntnisse. Sie erhielten die Flüsse und Ströme in ihren Betten; sie schützten sich durch Dämme gegen ihre Verheerungen; sie gruben Kanäle; sie bewässerten ihre Grundstücke; sie bewegten durch Wasserkraft ihre Maschinen; sie leiteten Wasser in ihre Wohnungen und Gärten zum Nutzen und zum Vergnügen; sie erbauten Brücken, und führten andere große Wasserwerke aus, die wir heute noch in ihren Trümmern mit Bewunderung anstaunen.

Aber kaum hatte Galiläus die Gesetze des Falles schwerer Körper entdeckt, so machte die Wissenschaft reißende Fortschritte. Er war zuerst bemühet, die Bewegung des Wassers in Flußbetten wissenschaftlich zu erörtern; und von diesem Zeitpunkt, also erst seit zwei hundert Jahren, fängt sich die Ausbildung der Hydrometrie an. Insbesondere verdankt die Hydrotechnik den Italiänischen Gelehrten ihre erste Ausbildung. Diese Nation erhob sich in diesem Zweige des Wissens um ein halbes Jahrhundert über alle andere Nationen.

Galiläus sah sehr bald ein, dafs aus bloſsen Vernunftgründen keine Theorie zu entwickeln war, die mit der Ausübung gleiche Resultate gäbe; er gestand daher auch ein,

„dafs er weniger Schwierigkeiten in der Entdeckung der Himmelskörper, ungeachtet ihrer er„staunlichen Entfernung, gefunden habe, als in der Untersuchung über die Bewegung des „flieſsenden Wassers in verschiedenartigen Wasserbetten, welche doch unter unseren Augen „vorgehet.“

Mehrere Italiänische Gelehrte übten ihren Scharfsinn ebenfalls an Vervollständigung der Hydrometrie. Es betraten die Bahn, die Galiläus verlassen hatte, Castelli, Guglielmini, Montanari, Manfredi, Vivani, Cassini, Barrattieri, Toricelli, Grandi, Poleni, Zendrini, Lecchi, Zanotti, Frisi, Michellotti, Bonati, Ximenes und Lorgna. Eben so eifrig waren die Französischen Mathematiker: Varignon, Genetté, Mariotte, Pitot, die Gebrüder Bernoulli, d'Alembert, Bossut, La Grange; die Niederländer: s'Gravesand, Lulofs, Velzen, Brahms; und die Deutschen Gelehrten, Euler, Kästner, Karsten u. s. w., bemühet, allgemeine Theorien über die Bewegung des Wassers zu entdecken; jedoch war ihr Bestreben

für die Bewegung des Wassers in Fluſs- und Strombetten strenge und allgemeine Gesetze aufzufinden,

fruchtlos, obgleich sie sich unverkennbare Ansprüche auf unsern Dank, und unsterbliches Verdienst durch die Untersuchungen über andere eben so wichtige, der Hydrometrie angehörigen Wahrheiten erworben haben. Lecchi und Lorgna zweifelten sogar, dafs man jemals ein Gesetz über die Geschwindigkeit des Wassers, welche in natürlichen Wasserbetten angetroffen wird, werde feststellen können; sie meinten: „Vielfältige Versuche und genaue Nachforschungen, unabgebrochene Beobach„tungen und wohlbedächtige Schlüsse würden vielleicht mit der Zeit über den Lauf des Wassers „einiges Licht verbreiten, der bloſs der Physik zugehöre, und kein Gegenstand der Mathematik seyn „könne.“ Man behalf sich daher mit allgemeinen Grundsätzen, worunter der von Castelli aufgestellte Lehrsatz der wichtigste ist; nämlich: dafs sich in einem flieſsenden Gewässer, das im Beharrungszustande ist, die Querschnitte umgekehrt, wie die Geschwindigkeiten verhalten.

Aber schon längst hatte man eingesehen, dafs Versuche nöthig wären, um die Theorie, welche man aufstellte, mit der Erfahrung vergleichen zu können. Dies leitete auf die Erfindung von Instrumenten, womit man die Geschwindigkeit des Wassers messen, und die Wassermenge, die durch irgend einen Querschnitt binnen einer gewissen Zeit flieſst, bestimmen wollte.

Zuerst bediente man sich der schwimmenden Körper, besonders der hohlen Kugel, aber man sah sehr bald das Mangelhafte davon ein. Moratori schlug dabei das Rad mit der Schaufel vor, der Doctor Nadi die hydrometrische Flasche; Zendrini, Lecchi, Michellotti und Lorgna den Quadranten; Ximenes die Wasserfahne; Barrattieri, Cabeo und Bonati den Stock, Stab oder den hydrometrischen Ast. Diese Instrumente waren mehr oder weniger unvollkommen, wie dies Herr Brünings in seiner Abhandlung über die Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers, und von den Mitteln, dieselbe auf alle Tiefen zu bestimmen, lehrt.

Nach den fruchtlosesten Bemühungen vieler Gelehrten, glückte es doch endlich, in den Jahren 1776 bis 1786, den Französischen Mathematikern Chezy und Dubuat, eine Theorie über die gleichförmige Bewegung des Wassers in regulären Kanälen aufzustellen, die mit ungetheiltem Beifall in ganz Europa aufgenommen wurde. Ihre Theorie war einfach und verständlich, so wie die Wahrheit immer einfach ist.

Der lichtvolle Vortrag des Herrn Dubuat und seine trefflichen Beobachtungen gaben uns zuerst Aufschlüsse über Erscheinungen, deren Daseyn man entweder wufste oder nur ahndete, aber bisher gehörig aufzuhellen nicht verstanden hatte; jetzt erst lernte man sie in ihrem ganzen Umfang kennen.

Aber so wie immer grofse Geistesgaben nöthig sind, um sich einen neuen Weg in einer Wissenschaft zu bahnen, ohne sich dabei zu verirren, so führten die entdeckten Wahrheiten Dubuat, wegen Mangel eines sorgfältigeren Studiums der Natur, auch auf grofse Irrthümer. Nämlich, er wollte diese Theorie nicht allein auf gerade und reguläre Kanäle, sondern auch auf natürliche Wasserbetten, überhaupt auf alle fliefsende Gewässer ohne Unterschied, wo gleichförmige Bewegung angetroffen wird, ausdehnen; und aus ihr alle Erscheinungen erklären, die in fliefsenden Gewässern vorkommen. Hierdurch wurde in der That das grofse Verdienst, welches er um die Ausbildung der Hydrometrie hat, nicht wenig geschmälert. Denn gerade um diese Zeit erfand der gelehrte Holländische Hydrotechniker, Herr Brünings, seinen Tachometer, und lehrte, wie man damit sehr genau die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge fliefsender Gewässer messen könne. Und durch diese Erfindung und durch ihre Anwendung auf so grofse fliefsende Gewässer als der Rhein, die Waal, die Yssel u. s. w. sind, erhielt die Hydrotechnik eine ganz andere Gestalt. Man fand sehr bald, dafs die Dubuatsche Theorie nicht allgemein, sondern unter vielen Beschränkungen, und noch viel weniger in natürlichen Flufsbetten, als in künstlichen Kanälen, anwendbar ist; ja, dafs auch der Coefficient, welchen er durch Beobachtungen bestimmt hat, nicht ganz naturgemäfs seyn müfste; und dafs es sehr viele Zustände in fliefsenden Gewässern giebt, wo seine Theorie alle Anwendung versagt.

Dahingegen erlangten die hydrometrischen Messungen mittelst Instrumente einen hohen Grad der Genauigkeit, besonders durch den Flügel, den Herr Woltmann im Jahr 1790 erfand, der von gar keiner Theorie des Stofses abhängig ist, und dadurch sehr genaue Resultate liefert.

Seit diesem Zeitpunkt bemüheten sich die verehrungswürdigen und bei uns so hoch geachteten Mathematiker, Langsdorf, Prony und Eytelwein, die Theorie für die gleichförmige Bewegung des Wassers in regulären Kanälen zu verbessern; ihre Schriften bleiben ewige Denkmäler des menschlichen Verstandes und Scharfsinns. Letzterer hat dieser Theorie, in den Denkschriften der Königl. Berl. Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1814 bis 1816, Berlin 1818, eine Allgemeinheit und eine Vollkommenheit gegeben, die nichts mehr zu wünschen übrig läfst. Man kann also mit Wahrheit sagen, dafs vorzugsweise Galiläus, Guglielmini, Dubuat, Brünings, Woltmann, Langsdorf, Prony und Eytelwein bemühet gewesen sind, die Theorie von der gleichförmigen Bewegung beim freien Abflufs des Wassers zu vervollkommnen: ihre Namen werden stets von den Hydrotechnikern mit Verehrung und Dankbarkeit genannt werden.

Unsere Flüsse und Ströme fliefsen aber nicht in glatten und geraden Gerinnen, bei denen eine regelmäfsige Gestalt vorausgesetzt werden kann, sondern sie sind in Erde, Sand, Kies und Steinbetten ausgehöhlt; sie haben auch nicht stets so hohe Wasserstände, dafs die Hindernisse im Grundbett gröfstentheils verschwinden; sie fliefsen auch nicht überall gleichförmig, sondern bald wird das Wasser verträgt, bald wird es beschleuniget; bald müssen die Wassertheilchen wirbelnd und steigend, bald horizontal, bald von der Seite abgelenkt fliefsen; bald mufs das in den unteren Querschnitten sich langsam bewegende Wasser, durch das in den oberen Querschnitten schneller fliefsende, in eine gröfsere Bewegung gesetzt werden; bald ist der Boden steigend, bald fallend, bald horizontal; in einigen Querschnitten sind die Ufer gerade, in andern gekrümmt; in diesem Strombezirk erzeugt der Wasserspiegel eine concave, in jenem eine convexe Oberfläche. Die bis jetzt bekannte Theorie über die gleichförmige Bewegung in regulären Kanälen beim freien Abflufs des Wassers, ist viel zu beschränkt, sie versagt alle und jede Anwendung auf solche Erscheinungen, und kann, wie ich in dieser Abhandlung vielfach nachweise, um das Vierzehnfache von der Wahrheit abweichen.

Aber eine Theorie, die von allen diesen aufgeführten Erscheinungen Rechenschaft giebt, ist gewifs von der allergröfsten Wichtigkeit, und für die Ausübung von unberechbarem Nutzen. Hat man eine so allgemein anwendbare Theorie, so ist es leicht, den Erfolg einer jeden vorzunehmenden Veränderung aufs zuverläfsigste im voraus zu bestimmen. Man kann die Wassermenge grofser Ströme für alle mögliche Wasserstände in jedem beliebigen Stromrevier erforschen; man wird mit

Sicherheit Kunststrafsen durch Thäler führen, und die Brückenöffnungen aufs genauste bestimmen; man wird Wehre und Ueberfälle anlegen; kurz, man wird die Theorie bei allen Gegenständen zu Rathe ziehen, wo Nothwendigkeit, Bequemlichkeit, oder der Luxus der Beihülfe des Wassers nicht entbehren können, oder wo man seinen schädlichen Wirkungen begegnen muſs. In unzähligen Fällen der Ausübung ist es erforderlich, die Neigung des Wasserspiegels und das Steigen und Fallen des Bodens mittelst Querschnitte in schicklichen Entfernungen zu kennen. Sind diese Data bekannt, so kann nach einer allgemeinen Theorie die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge mit der gröfstmöglichsten Genauigkeit durch Rechnung bestimmt werden, ohne auch deshalb besondere hydrometrische Messungen anzustellen. Ein wesentlicher und unschätzbarer Vortheil.

Die Möglichkeit, eine solche Theorie zu erfinden, ist von vielen Gelehrten seit 200 Jahren bezweifelt, und von verehrten Mathematikern neuerer Zeit für sehr schwer, wo nicht für ganz unmöglich gehalten worden. Durch zureichende Gründe wird aber diese Behauptung keinesweges allgemein gerechtfertiget. Denn wenn es bisher niemand versucht hat, sich auf Erörterung dieser Aufgabe einzulassen, so ist es wohl unstreitig dem Umstande zuzuschreiben, daſs die Experimental-Hydraulik so sehr weit gegen die wissenschaftliche Mechanik zurückgeblieben ist.

Die Vervollkommnung der ersteren ist aber so leicht nicht.

Alle hydrometrische Messungen, besonders in Flüssen und Strömen, unterliegen groſsen Schwierigkeiten. Männer von Talent und Einsicht, von Ausdauer und Liebe für die Wissenschaft, gute Instrumente und disponible Fonds sind Haupterfordernisse. Einige tausend Thaler zu solchen Zwecken sind nicht auslangend. Es gehören dazu viel gröfsere Summen, die die Verehrer der Wissenschaft höchst selten anwenden können und wollen. Die Dazwischenkunft der Landesregierungen, oder vielmehr die wohlthätige Hand der Landesfürsten, die Mittel zur Bestreitung aller dazu erforderlichen Veranstaltungen und Zurüstungen darreichend, ist zur Erweiterung der Hydrometrie und Vervollkommnung der praktischen Kenntnisse überhaupt, wenn sie ein Gemeingut werden sollen, durchaus nothwendig. Erst nach Vervollständigung der Physik ist man im Stande einzusehen, auf welche Naturerscheinungen man Rücksicht zu nehmen, und was man in Berechnung zu bringen habe.

Von dieser Ansicht bin ich ausgegangen. Zuerst habe ich mich bemühet, so sorgfältig als möglich alle Erscheinungen, die bei der Bewegung des Wassers vorkommen, zu beobachten. Die Resultate dieses Studiums sind:

1. Der Wasserspiegel bestehet aus krummen Linien, deren Axe bald über bald unter den Wasserspiegel fällt. In der Voraussetzung, daſs das Gefälle sehr klein ist, welches der zugehöri-

gen Länge entspricht, kann man die Curven, der Längensection nach, als halbe Parabeln, oder wenigstens als Bogentheile derselben ansehen.

II. Die Gestalt der Querschnitte hat auf den Abfluſs des Wassers einen wesentlichen Einfluſs.

III. In jedem Fluſs oder in jedem Strom giebt es drei Arten von Geschwindigkeiten:

a) die gleichförmige beim freien Abfluſs;

b) die beschleunigte beim freien Abfluſs;

c) die verträgte gleichförmige, beim gehinderten Abfluſs des Wassers.

Bei den beiden ersten Arten von Bewegung hat man nicht nöthig, die unterhalb belegenen Querschnitte mit in Betracht zu ziehen, so lange ein Gegendruck des Wassers stattfindet. Die verträgte Bewegung des Wassers hängt aber ganz bestimmt von irgend einem unterhalb belegenen Querschnitt ab, dessen Abmessungen, so wie das Gefälle des Wasserspiegels, bekannt seyn müssen.

IV. Bei jeder Art von Bewegung ist das Verhältniſs oder die Beziehung, in welcher die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche und am Grundbett zu der mittleren Geschwindigkeit irgend eines Querschnitts stehet, höchst verschieden. Für die gleichförmige und beschleunigte Bewegung, beim freien Abfluſs des Wassers, sind die Verhältnisse beständig. Aber für die verträgte Geschwindigkeit ist jenes gegenseitige Verhalten mit beständigen Coefficienten nicht zu vereinbaren; sondern es stehet mit den Abmessungen desjenigen Querschnitts, von welchem die Verträgung abhängt, in der innigsten Beziehung, und ist so veränderlich, wie es die verengten Querschnitte selbst sind.

V. Aus dieser Darstellung, aus vielen Versuchen, und aus den allgemeinen Schlüssen, die sich aus diesen Untersuchungen und Erfahrungen ergeben, finde ich, daſs die logarithmische Linie diejenige Curve ist, die jede Stromscale, für die gleichförmige und beschleunigte Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers, begrenzt; sie möge nun für eine Perpendikuläre, oder für den ganzen Querschnitt gültig seyn. Ja, selbst für die verträgte Geshwindigkeit des Wassers weicht die logarithmische Stromscale wenig von der Erfahrung ab.

VI. Hieraus erkläre ich nun alle diejenigen Erscheinungen, welche uns bis jetzt über das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten, die in irgend einem Quersohnitt flieſsender Gewässer angetroffen werden, in Ungewiſsheit lieſsen. Sie machen den wichtigsten und wesentlichsten Theil des ersten Abschnitts aus. Aus ihnen leite ich das Verfahren ab:

wie auf eine höchst einfache Weise, mittelst dreier richtigen Beobachtungen in einem Querschnitt bei drei verschiedenen Wasserständen, die Wassermenge, die die Flüsse und Ströme in dem Revier führen, für alle mögliche Wasserstände gefunden werden könne.

Dies sind die Resultate, die ich unmittelbar aus der Natur geschöpft, und ganz allgemein durch hydrometrische Messungen aufs vollkommenste bestätiget gefunden habe. Sie beschliefsen den ersten Abschnitt dieser Schrift.

Die Theorie für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers ist bereits durch die Herren Dubuat, Prony und Eytelwein so vervollständiget, daſs die Untersuchungen hierüber als geschlossen zu betrachten sind.

Wichtig und einflufsreich ist der Anziehungs- oder der Materienwiderstand, der bis zu einer gewissen Tiefe in jedem Wasserbett auf die Verzögerung des Wassers seine Einwirkung ausübt, und (meines Wissens) bisher nicht beachtet ist. Die Erscheinungen, bei welchen er unbezweifelt erkannt werden kann, werden angeführt.

Um die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in dem Querschnitt irgend eines flieſsenden Gewässers zu finden, dessen Wasser beschleuniget wird, entwickle ich eine theoretisch-empirische Formel, die völlig naturgemäſs ist. Die Rechnungsresultate derselben stimmen mit den Erfahrungswerthen mehrerer hundert sehr genauen Beobachtungen, die nicht allein in kleinen Gerinnen, sondern hauptsächlich in groſsen Kanälen, in Flüssen und in zwei groſsen Strömen Deutschlands angestellt sind, so erfreulich zusammen, und bestätigen nicht allein hier, sondern auch bei anderen Untersuchungen, die auf ganz verschiedenen Betrachtungen beruhen, diesen theoretisch-empirischen Ausdruck.

Dahingegen werden im Verfolg dieses Werks die Gründe angeführt, die es (meines Erachtens) aufser allem Zweifel setzen, daſs die verträgte mittlere Geschwindigkeit des Wassers in irgend einem Querschnitt flieſsender Gewässer niemals durch einen allgemeinen Ausdruck bestimmt werden wird, und daſs dies nur auf eine indirecte Art geschehen kann; weil eine groſse Menge zufälliger Widerstände gar nicht mit in Berechnung gebracht werden können.

Von Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit und Wassermenge des verträgten Wassers, wo keine stetige Zunahme oder Abnahme der Wassertiefe stattfindet, ist also (meines Erachtens) nur die Behauptung richtig,

daſs kein allgemein anwendbarer Ausdruck dafür gefunden werden könne.

Diese Beschränkung hindert uns aber nicht, auf eine indirecte Weise die mittlere Geschwindigkeit

und Wassermenge zu finden, wenn nur die Abmessungen desjenigen Querschnitts, von welchem die Verträgung abhängig ist, und das Gefälle des Wasserspiegels bekannt sind; weil hier jedesmal das Wasser beschleuniget wird, und also Geschwindigkeit und Wassermenge ziemlich genau mittelst eines allgemeinen Ausdrucks bestimmt werden können. Aufserdem ist noch, sowohl bei der beschleunigten als verträgten Bewegung des Wassers, zu bemerken, dafs jedesmal nur das Gefälle der den Wasserspiegel gestaltenden Curve an der Stelle in Betracht zu ziehen ist, wohin der Querschnitt fällt, in welchem Geschwindigkeit und Wassermenge gesucht werden sollen.

Von dem Einflufs, den Stromkrümmungen auf den Abflufs des Wassers haben, hat Herr Dubuat [der einzige Schriftsteller, der darüber wissenschaftliche Untersuchungen angestellt hat], meines Bedünkens, eine unrichtige Vorstellung gehabt. Eine grofse und überzeugende Menge von Beobachtungen giebt darüber eine ganz andere Belehrung, und macht diese Untersuchung zu einer der am meisten Aufmerksamkeit verdienenden dieses zweiten Abschnitts, der sich auch mit derselben schliefst.

Mittelst einiger Sätze, die in der Hydraulik ihren Platz finden, und die ich in aller Kürze, so weit sie zu meinem Gebrauch nothwendig sind, berühre, gelange ich zur Bestimmung der Wassermenge solcher fliefsenden Gewässer, wo kein Gegendruck des Wassers stattfindet, sondern wo der Strahl in freier Luft abfliefst. Desgleichen stelle ich Betrachtungen über den Abflufs desjenigen Wassers durch verengte Oeffnungen an, wovon nur ein Theil in freier Luft abfliefst, der untere Theil aber einen Gegendruck erleidet. Hieraus wird nun die Stauhöhe bestimmt, die weit gröfser ausfällt, als wie selbige Herr Dubuat aus unrichtigen Beobachtungen berechnet hat. Eine zahlreiche Menge sehr genauer Beobachtungen, in Flüssen und Strömen angestellt, begründet die dafür gegebenen allgemeinen Ausdrücke, weil darin alle diejenigen Erscheinungen aufgenommen worden sind, die dabei Einflufs haben. Meines Erachtens hat es dafür bisher an einer genauen Bestimmung gefehlt.

Die Stauweite (wenn ein Gewässer durch irgend ein Hindernifs aufgestauet wird) zu bestimmen, ist in der Ausübung von grofser Wichtigkeit; ja, diese Untersuchung ist für die Praktik unentbehrlich. Nur allein Herr Dubuat hat bis jetzt über diesen Gegenstand Untersuchungen angestellt, jedoch auf so unhaltbaren Gründen, dafs sie mit den sehr genauen Beobachtungen, welche ich zur Bestimmung der Stauweite gemacht habe und beibringe, im Widerspruch stehen. Ich gebe dafür eine andere Auflösung, die der Natur mehr angepafst ist, und dem Zweck besser entspricht.

Uebri-

Uebrigens bestätiget sich auch hier die Beobachtung von neuem, dafs unter solchen Umständen die Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt, als eine halbe Parabel, deren Axe über dem Wasserspiegel liegt, angesehen werden kann.

Beim freien Abfluss des Wassers in Kanälen, aus dessen letztem Querschnitt das Wasser in freier Luft abfliefst, bestimme ich für diesen letzten Querschnitt den Wasserstand, die Wassermenge, und also auch die Senkung oder die Gestaltung des Wasserspiegels, welche der Wassertiefe und der beifliefsenden Wassermenge entspricht; und zwar mittelst zweier Querschnitte, indem für jede Section auf eine ganz abweichende Art ein allgemeiner Ausdruck für die Wassermenge gefunden wird.

Es bestätiget sich auch hier die Annahme, dafs die Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt, als eine halbe Parabel angesehen werden könne. Durch eine grofse Menge dahin gehöriger Beobachtungen gelange ich zu sehr erfreulichen und mit der Erfahrung völlig übereinstimmenden Resultaten.

Im verengten Querschnitte ist jedesmal eine Druckhöhe vorhanden, welche erforderlich ist, um die beifliefsende Wassermenge durch denselben hindurch zu pressen. Setzt man den allgemeinen Ausdruck, welcher die Wassermenge im verengten Querschnitt bestimmt, derjenigen Wassermenge in demselben Querschnitt gleich, wenn das Wasser beschleuniget wird; so läfst sich daraus die Druckhöhe [wenn eine dergleichen erforderlich ist], und daraus wieder die richtige Wassermenge finden.

Ist die Kanalstrecke oder der Flufsbezirk von der Beschaffenheit, dafs eine stetige Abnahme; oder (vom verengten Querschnitt stromab gerechnet) eine stetige Zunahme der Wassertiefe, also reguläre Querschnitte, angetroffen werden: so läfst sich auch die verträgte Geschwindigkeit des Wassers in jedem Querschnitt unter dieser Voraussetzung finden; und in sofern ist die formularische Darstellung, welche ich No. 270. bis No. 274. gebe, ganz allgemein brauchbar.

Diese No. 261. bis No. 264. und die No. 171. und No. 274. gefundenen allgemeinen Ausdrücke sind also als die Resultate sämmtlicher Untersuchungen, die sich auf die beschleunigte und verträgte Bewegung des Wassers beziehen, anzusehen; und es wird durch dieselben der überzeugende Beweis geführt, dafs eine anwendbare Theorie (nämlich in so weit eine solche Theorie zulässig ist) von der Bewegung des Wassers in Flüssen und Strömen nicht allein möglich ist, sondern bereits wirklich, [zwar vorläufig mit Zuhülfnahme einer

theoretisch-empirischen Formel, die aber unmittelbar aus der Natur der Sache geschöpft, wenn auch nicht nach strengen und ganz allgemeinen Gesetzen erwiesen ist] von mir dargestellt worden.

Acht hundert und ein und zwanzig Beobachtungen, die theils aus bekannten Schriften entlehnt, theils aus Kassen verschiedener Landesregierungen angestellt, theils auf meine eignen, elf Jahr lang fortgesetzten, nicht unansehnlichen Kosten bewirkt sind, belegen diese Behauptung und jede Darstellung, welche ich in diesem Werk vorgetragen habe; wohin noch ganz besonders gehört, dafs die nach den Gleichungen No. 261. bis No. 274. gefundenen Resultate nur um $\frac{1}{10}$ von den Erfahrungswerthen abweichen können, wenn die Abmessungen mit Genauigkeit angegeben sind. Ich habe keine Untersuchung begonnen, ohne sie mit hinlänglichen und genauen Beobachtungen zu begründen.

Hiermit ist der dritte Abschnitt geschlossen, dem ich noch die wesentliche Bemerkung hinzufüge, dafs es wirklich in der Ausübung seltne Fälle sind, wo die Theorie der gleichförmigen Bewegung beim freien Abfluss des Wassers, und bei niedrigen Wasserständen in Strom- und Flussbetten ihre Anwendung findet.

Sechzehn Jahr habe ich überhaupt an diesen Beobachtungen gearbeitet, gesammelt; zehn Jahre lang sehr viele vergebliche und nicht zu Resultaten führende Versuche gemacht, und mittelst der mühvollsten Berechnungen und Vergleichungen die Gesetze beobachtet und aufgefunden, wonach sich das Wasser in natürlichen Flussbetten unter allen Umständen bewegt; die Versuche darnach ohne alle Hülfe und Unterstützung berechnet, und alles so geordnet, dafs ich hoffe, nicht allein dadurch für die Hydrotechnik einigermafsen nützlich geworden zu seyn; sondern auch einen nicht ganz unwesentlichen Beitrag zur Theorie von Bewegung des Wassers in natürlichen Flussbetten geliefert zu haben; indem ich hier eine grofse Menge, wie mir scheint, neuer Gegenstände zur Sprache bringe, und den Weg aufzufinden versuche, der zu einer allgemein anwendbaren Theorie von der Bewegung des Wassers in natürlichen Betten, in soweit nämlich eine solche Theorie möglich ist, zu führen verspricht. Denn nur aus so einfachen formularischen Darstellungen, wie die meinigen sind, können augenscheinlich die Gesetze ihrer gegenseitigen Abhängigkeit und der ganze Zusammenhang der Naturerscheinungen übersehen werden.

Die Beobachtungen, die ich hier mittheile, haben dadurch einen grofsen Vorzug, dafs sie gröfstentheils mit besonderer Genauigkeit in grofsen Flüssen und Strömen (nicht wie die des Dubuat in kleinen Gerinnen) sind angestellt worden. Den verschiedenen Landesregierungen haben sie einen Kostenbetrag von vielen Tausenden von Thalern verursacht, ohne die von mir zu diesem Behuf verwandten Summen in Anschlag zu bringen.

Sie bilden einen Vorrath, aus dem der Sachkenner nützliche und belehrende Ergebnisse zu ziehen wissen wird.

Wissenschaftliche Männer werden das Schwierige und Mühvolle dieser Arbeit, und selbst die Opfer, die ich der Wissenschaft an Mühe, Zeit und Geld gebracht habe, zu würdigen wissen; daher wird es für mich erfreulich seyn, wenn meine Bemühungen und Aufopferungen von ihnen nachsichtsvoll aufgenommen und anerkannt werden.

Diese Nachsicht nehme ich aus mehreren Gründen in Anspruch: einmal, weil sich bis jetzt (meines Wissens) noch niemand an eine allgemein anwendbare Theorie, von der Bewegung des Wassers in Flüssen und Strömen, gewagt hat; zweitens, weil gewifslich in allen Erfahrungswissenschaften die ersten Untersuchungen die schwierigsten sind. Deshalb ist diese Schrift auch nur als ein Versuch, nicht als etwas Vollendetes anzusehen, wonach sie also auch nur billigerweise beurtheilt werden kann.

Aufserdem habe ich keine Gelegenheit versäumt, die grofse Beschränktheit dieser, so viele Theile des bürgerlichen Lebens umfassenden Wissenschaft an vielen bis jetzt unaufgelös'ten, und doch für die Ausübung so wichtigen Aufgaben zu zeigen. Es hat dies gewifs seinen grofsen Nutzen; indem dadurch dieser oder jener veranlafst wird, darüber nachzudenken, seine Kräfte daran zu üben, und die Wissenschaft durch die Auflösung dieser Aufgaben zu bereichern. Ja, vielleicht giebt dies auch den Landesregierungen Veranlassung, die Bemühungen solcher Männer, die sich mit der praktischen Anwendung der Mathematik beschäftigen, zu unterstützen; und auf Versuche zur Erweiterung der Hydrotechnik Summen zu verwenden, aus denen die fürstliche Gröfse und der Wille hervorleuchtet, eine Wissenschaft zu vervollkommnen, bei welcher, eben aus Unbekanntschaft mit richtigen Grundsätzen, viele Tausende von Thalern jährlich sehr leicht vergeudet werden können.

Für meine Pflicht halte ich es endlich noch anzuzeigen, welche Schriften ich bei dieser Ausarbeitung ganz vorzüglich, und öfters sogar wörtlich benutzt habe.

1. Bernhardi's Grundlehren der Hydraulik, Leipzig und Frankfurth 1790.
2. Bofsüt's Lehrbegriff der Hydrodynamik, Frankfurth 1792.
3. Dubuat's Grundlehren der Hydraulik, Berlin 1801.
4. Eytelwein's Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, Berlin 1801.
5. —— Untersuchungen über die Bewegung des Wassers. Eine Abhandlung in den Denkschriften der Königl. Berliner Akademie der Wissenschaften, Berlin 1818.

6. Gilbert's Annalen der Physik.
7. Langsdorf's Lehrbuch der Hydraulik, Altenburg 1794.
8. —— Grundlehren der mechanischen Wissenschaften, Erlangen 1808.
9. —— Handbuch der gemeinen und höheren Mechanik, Heidelberg 1807.
10. Prony's theoretisch-praktische Abhandlung über die Leitung des Wassers in Kanälen und Röhrenleitungen, Gieſsen 1812.
11. Schemerl's Erfahrungen im Wasserbau, Wien und Triest 1809.
12. v. Wiebeking's Wasserbaukunst, III. Theil, München.
13. Woltmann's Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels, Hamburg 1790.
14. —— Beiträge zur hydraulischen Architektur, IV Theile.

Inhalts-Verzeichnifs.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Betrachtungen und Erfahrungen über die Bewegung des Wassers in Strombetten; mit einer Anweisung, wie hydrometrische Messungen angestellt werden.

I. Erklärung verschiedener Gegenstände, die bei physisch-mathematischen Untersuchungen über die Theorie fliefsender Gewässer in Betracht kommen, und daher als bekannt vorausgesetzt werden müssen.

II. Von den merkwürdigsten Eigenschaften des Wassers.

III. Allgemeine Betrachtungen über die Bewegung des Wassers in Strom- und Flufsbetten.

IV. Von der Gestalt der Querschnitte in Flufs- und Strombetten.

V. Von der Gestalt des Wasserspiegels in Strom- und Flufsbetten, sowohl in den Längen- als in den Querprofilen.

VI. Von der Gestalt des Wasserspiegels, insbesondere nach der Quere des fliefsenden Gewässers.

VII. Von dem Verhältnifs, in welchem die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers irgend eines Querprofils zu der mittleren Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts stehen.

VIII. Allgemeine Beobachtungen über die Geschwindigkeit und die Gestalt des Wasserspiegels fliefsender Gewässer.

IX. Von der Aufnahme vollständiger hydrometrischer Messungen, um die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge irgend eines fliefsenden Gewässers zu bestimmen, und von den vorzüglichsten Werkzeugen, deren man sich dazu bedient.

Zweiter Abschnitt.

Betreffend die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in irgend einem Querschnitt des Stroms, das Wasser mag gleichförmig, beschleuniget, oder verträgt abfliefsen.

X. Von der bewegenden Kraft des Wassers in fliefsenden Gewässern.

XI. Allgemeine Betrachtungen über den Widerstand in Strom- und Kanalbetten.

XII. Von den Widerständen, die durch die Klebrigkeit und Anhänglichkeit der Wassertheilchen in irgend

einem Flufsbett entstehen; und von der Bestimmung der mittleren gleichförmigen Geschwindigkeit in einem Querschnitt, dessen Wasser frei abfliefst.

XIII. Von dem Anziehungs- oder Materien-Widerstand.

XIV. Von der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in einem Querschnitt, dessen Wasser beschleuniget wird, und ganz frei abfliefst.

XV. Von den Rücksichten, die man bei Anwendung der Theorie, von der beschleunigten Bewegung des Wassers in Strombetten, zu nehmen hat.

XVI. Von den örtlichen Widerständen, die in allen Flufs- und Strombetten, welche aus Sand, Kies und Steinen bestehen, angetroffen werden; und von der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in in irgend einem Querschnitt, dessen Wasser nicht ganz frei abfliefst, sondern durch einen unterhalb belegenen engern Querschnitt verzögert wird.

XVII. Von den zufälligen Widerständen.

XVIII. Von den Stromkrümmungen, und dem Einfluss, den sie auf die Bewegung des Wassers haben; ganz nach der Erfahrung und immer unter der Voraussetzung beurtheilt, dafs sich das Wasser im Beharrungszustande befindet.

Dritter Abschnitt.

Vom Ausfluss des Wassers durch Abflufsöffnungen verschiedener Art; und vom Abfluss und Aufstau bei Wehren, Ueberfällen u. s. w. in Flüssen und Strömen.

XIX. Von der Bewegung des Wassers beim Ausfluss aus Behältern und von der Zusammenziehung des Wasserstrahls.

XX. Vom Ausfluss durch oben offene rechtwinklige Oeffnungen in den Seitenwänden eines Behälters.

XXI. Vom Ausfluss aus Behältern mit Seitenöffnungen von beträchtlicher Gröfse, bei unveränderter Druckhöhe.

XXII. Vom Abfluss bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen.

XXIII. Vom Aufstau des Wassers bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen.

XXIV. Von der Beschleunigung des Wassers bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen.

XXV. Von der Bestimmung der Ausflufsmenge solcher fliefsenden Gewässer, wo im letzten Querschnitt kein Gegendruck des Wassers stattfindet, sondern dasselbe in freier Luft abfliefst; und von der Senkung und Gestaltung des Wasserspiegels.

XXVI. Von der Bestimmung der Ausflufsmenge solcher fliefsenden Gewässer, wo nur ein gröfserer oder ein geringerer Theil des Wassers in freier Luft abfliefst, je nachdem eine gröfsere oder eine geringere Druckhöhe nöthig wird, um das Wasser durch die gröfste Verengung des Querschnitts zu pressen.

Druckfehler.

	Anstatt:	soll stehen:
S. 15. Z. 2. v. o.	194ster Versuch	194ster und 195ster Versuch.
— 21. — 12. v. o.	No. 756.	No. 746.
— 39. — 5. v. u.	fehlt am Anfang der Zeile die No. 85.	No. 85.
— 45. — 1. v. o.	fehlt am Anfang der Zeile die No. 96.	No. 96.
— 70. — 1. v. u.	Columne V', 5,9130	5,0150.
— 72. — 14. v. o.	$V' = \frac{V\sqrt{H}}{H}$	$= V' = \frac{V\sqrt{H}}{\sqrt{H}}$
— 91. — 3. v. u.	No. 176. bis No. 211.	No. 189. bis No. 211.
— 124. — 8. v. o.	$= \frac{1}{3}\mu h$	$= \frac{4}{3}\mu^2 h$.
— 124. — 22. v. o.	No. 226. $h^3 + Nh^2 - \frac{9M^2}{16\mu^2 g b^2} = 0$	No. 226. Der Wasserstand, $h^3 + Nh^2 - \frac{9M^2}{16\mu^2 g b^2} = 0$.
— 126. — 16. v. o.	No. 243.	No. 233.
— 126. — 18. v. o.	$N = \mu g b e \sqrt{(h - \frac{1}{2}e)}$	$M = \mu g b e \sqrt{(h - \frac{1}{2}e)}$
— 128.	in der 696sten Beobachtung Columne 1 : μ, 1,51200	0,51200.
— 129. L. 1. v. u.	$+ 9\psi^2(h - k)^2 N$	$+ \frac{8}{3}\psi^2(h - k)^2 N$
— 131. — 3. v. u.	Contractionscoefficient (ψ)	Contractionscoefficient (μ)
— 141. — 11. v. u.	auf 771 Fufs	auf 771 Zoll
— 144. — 18. v. u.	fehlt am Anfang der Zeile die No. 261.	No. 261.
— 159. — 8. v. u.	No. 278.	No. 279.

Von der Bewegung des Wassers in Strom- und Flufsbetten.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Betrachtungen und Erfahrungen über die Bewegung des Wassers in Strombetten; mit einer Anweisung, wie hydrometrische Messungen angestellt werden.

I.

Erklärung verschiedener Gegenstände, die bei physisch-mathematischen Untersuchungen über die Theorie fliefsender Gewässer in Betracht kommen, und daher als bekannt vorausgesetzt werden müssen.

1. Unter Strom wird dasjenige schiffbare fliefsende Gewässer verstanden, welches sich unmittelbar in das Meer ergiefst; unter Flufs hingegen, ein schiffbares fliefsendes Gewässer, welches seinen Abflufs in einen Strom, oder in einen andern Flufs hat.

Jede Strecke eines Flusses zwischen zwei Stellen, wo derselbe einen Seitenzufluſs oder einen Seitenabfluſs hat, kann ein Strombezirk (Revier, Stromtractus) genannt werden.

2. Die Neigung eines Stroms in der Oberfläche des Wasserspiegels auf eine bestimmte Länge auszudrücken, dient das Gefälle, welches der verticale Abstand derjenigen Horizontal-Ebenen ist, die durch den Wasserspiegel beim Anfang und Ende der Stromlänge gehen. Dividirt man das absolute Gefälle $= \alpha$ durch die dazu gehörige Stromlänge $= L$, so pflegt man diesen Quotienten $\frac{\alpha}{L}$ den Abhang, oder das relative Gefälle der Oberfläche zu nennen; und da sich verhält $\alpha : 1 = L : \mathfrak{L}$,

so ist $\frac{L}{a} = 2$, d. h. der Wasserspiegel hat auf die Länge von 2 Zoll, Fuſs, Meter u. s. w. 1 Zoll, 1 Fuſs, 1 Meter u. s. w. Gefälle; und der Abhang ist $\frac{1}{2}$.

3. Das Gefälle, welches der Boden des Wasserbettes mit dem Horizont bildet, in die ihm entsprechende Länge dividirt, giebt den Abhang des Grundbetts. Er wird negativ, wenn die Neigung des Grundbetts nicht abwärts nach der Richtung des Stroms gehet, sondern derselben entgegengekehrt ist.

4. Der Querschnitt eines Flusses $= Q$ ist derjenige Theil einer, auf die Richtung des strömenden Wassers senkrechten Ebene, der sich innerhalb des Wasserkörpers befindet.

5. Die Länge des Querschnitts, oder die Breite des Stroms $= B$, ist jedesmal die in der Oberfläche des Wassers.

6. Unter der mittleren Wassertiefe $= H$ eines Querschnitts wird jedesmal diejenige verstanden, welche man durch $H = \frac{Q}{B}$ erhält; dabei ist zu bemerken, daſs, weil die Ufer eines Stroms nicht lothrecht sind, sondern schräg anlaufen, der Fluſs zugleich breiter wird, wenn er an Höhe zunimmt. Daher ist der Unterschied der mittleren Tiefen nicht so groſs, als der Unterschied der Breiten des Wasserspiegels.

7. Die Wand (der Umfang) des Stromschlauchs ist dessen innere Oberfläche, soweit dieselbe vom Strom berührt oder naſs wird.

8. Denkt man sich längs der Richtung des Stroms eine Verticalfläche, welche vom Wasserspiegel bis auf das Grundbett gehet, so entstehet ein Längenprofil.

9. Ein vollkommener Querschnitt ist derjenige, welcher beim kleinsten Umfang, den Theil desselben am Wasserspiegel nicht mitgerechnet, den gröſsten Raum einschlieſst. Die Figur des Halbkreises wäre also die vorzüglichste; daher $Q = \frac{\pi r^2}{2}$ und $P = \pi r$ (wenn π die bekannte Zahl 3,14159; r den Halbmesser des Kreises, Q den Querschnitt und P den Umfang bezeichnen). Demnächst folgen die Hälften regelmäſsiger Vielecke, welche die mehrsten Seiten haben. Da aber solche Profile selten zu Gerinnen und Kanälen anwendbar sind, so giebt das oblonge Viereck den vollkommensten Querschnitt, dessen Grundlinie doppelt so groſs als die Höhe ist; folglich $Q = H = 2H^2$ und $P = 4H$.

10. Soll aber das Ufer des Kanals eine hinlängliche Abdachung haben, so ist das trapezförmige Profil das vorzüglichste, wo die Oberbreite desselben 10, die Unterbreite 2 und die Höhe 3 Theile hat. Also ist die Oberbreite $= \frac{10}{3}H$, die Unterbreite $= \frac{2}{3}H$, der Flächeninhalt des Querschnitts $= 2H^2$ und der Umfang $= 4H$.

11. In Flüssen, Strömen, ja selbst in Durchstichen groſser Flüsse, sind vollkommene Querschnitte gar nicht gedenkbar, und finden deshalb auch in der Natur niemals statt, weil die Zuflüsse veränderlich sind. Denn mit Vergröſserung oder mit Verminderung der Wasserstände verändern sich zugleich die Breiten, die Tiefen, also auch die Querschnitte und Umfänge. Ferner müs-

sen die Ufer öfters eine sehr flache Böschung erhalten, wenn sie bei Hochgewässern und Eisgängen die Zuflüsse mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten, ohne Abbruch der Ufer, abführen sollen.

Aber in jedem Strom kann man sich zwischen zwei Zuflüssen (Confluenzen) oder zwischen zwei Seitenabflüssen (Diffluenzen) ein Normalprofil denken; zwar einen unvollkommenen Querschnitt, der aber so beschaffen ist, dafs in diesem Strombezirk bei allen möglichen Wasserständen im Verhältnifs seines Gefälles und der Erdart, worin das Wasserbett ausgehöhlt ist, die gröfstmöchlichste Wassermenge in der kürzesten Zeit abfliefst; dafs an den Ufern kein Abbruch entstehet; dafs sich in der Mitte des Stromschlauches die gröfste Geschwindigkeit und die gröfste Tiefe des Wassers befindet; dafs die Neigung des Wasserspiegels mit der des Grundbettes völlig gleich ist; und dafs also in einem Strombezirk nicht allein die Querschnitte, sondern auch die mittleren Geschwindigkeiten für jeden Wasserstand durchaus ganz gleich befunden werden.

12. Wenn man sagt, der Strom fliefst frei ab; so versteht man darunter, dafs nicht allein die Ufer gerade, parallel, und die Querschnitte möglichst gleich sind, sondern auch ganz besonders, dafs alle Wassertheilchen nach einerlei Richtung, der Schwere gemäfs, niederwärts fliefsen; dafs sich also keine Hindernisse am Grundbett befinden, die das Wasser irgend aufstauen, den freien Abfluſs verzögern, und die Stromfäden zwingen, sich nicht nach einerlei, sondern nach ganz verschiedenen Richtungen fort zu bewegen.

13. Unter der mittleren Geschwindigkeit des Wassers $= V$ in einem Querschnitt, verstehet man diejenige, mit welcher das Wasser durch alle Theile des Profils fliefsen müfste, damit eine eben so grofse Wassermenge dadurch abgeführt wird, als mit den verschiedenen wirklichen Geschwindigkeiten abfliefst. Heifst also die Wassermenge, welche in einer Secunde durch irgend einen Querschnitt Q fliefst, $= M$, so ist $V = \frac{M}{Q}$.

Anmerk. [Bei diesen Betrachtungen wird stets die Sexagesimalsecunde verstanden, oder $\frac{1}{86400}$ von einem Tage.]

14. Dahingegen ist die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche $= U$, und die mittlere Geschwindigkeit des Wassers am Boden $= S$, das arithmetische Mittel aus allen Geschwindigkeiten, die einerseits an der Oberfläche und anderseits am Grundbett des Querschnitts angetroffen werden.

15. Bezeichnet man aber mit U' die Geschwindigkeit des Wassers in irgend einer, mit dem Strom parallelen Vertical-Ebene an der Oberfläche, und mit S' die Geschwindigkeit am Boden; so ist die mittlere Geschwindigkeit in dieser Vertical-Ebene das arithmetische Mittel aus allen zwischen U' und S' liegenden Geschwindigkeiten.

16. Ein Strom ist im Beharrungszustande, wenn durch jeden seiner Querschnitte Q, in einerlei Zeit, gleich viel Wasser fliefst; so dafs also das Product aus der Fläche irgend eines bestimmten Querschnitts Q in die mittlere Geschwindigkeit V, welche das Wasser in diesem Quer-

schnitt hat, dem ähnlichen Product für jeden anderen Querschnitt gleich; mithin $VQ = M$ von einerlei Gröfse ist. Wenn alle Querschnitte gleich grofs sind, so ist die mittlere Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers längs dem ganzen Bett unveränderlich.

Wenn Zuflüsse und Seitenabflüsse, oder irgend andere Ursachen, die an sich unveränderlich sind, zur Vergröfserung oder zur Verminderung der Wassermenge beitragen, so bleibt jenes Product, für die einzelnen Strecken zwischen zwei Stellen, wo solche Abänderungen vorfallen, auch noch unveränderlich; wie denn ebenfalls für einen und denselben bestimmten Querschnitt einer solchen Strecke, die durch ihn abfliefsende Wassermenge in gleichen Zeiten durchaus gleich grofs ist.

17. Das unveränderliche Moment der Profile, welches bei jedem Strom eintritt, der sich im Beharrungszustand befindet, ist also alsdann $QV = BHV = M$.

18. Bezeichnet man nun in zwei verschiedenen Querschnitten eines Stromreviers, welches im Beharrungszustande ist, die mittlern Geschwindigkeiten der Querschnitte mit V und v, die Flächeninhalte der Querschnitte mit Q und q, die Wassermengen mit M und m; so ist allgemein $VQ = M$ und $vq = m$, daher hier $VQ = vq = M = m$; folglich $V : v = q : Q$.

19. Bei ganz verschiedenen Strömen, mit gleichen Geschwindigkeiten, deren Wassermengen M und m verschieden sind, verhalten sich, wenn B und b die Breiten, und H und h die mittleren Tiefen bedeuten, $bh : BH = m : M$. Ist nun $B = b$, so verhält sich auch $h : H = m : M$.

20. Die Gröfse der Bewegung, oder das Bewegungsmoment eines Stroms, findet sich, wenn man seine Wassermenge (M), welche derselbe in einer Sekunde abführt, mit der mittlern Geschwindigkeit (V) des Wassers im Querschnitt Q vervielfacht; also $MV = QV^2 = BHV^2$.

21. Nun ist $Q = \frac{M}{V}$ und $q = \frac{m}{v}$; daher hat man auch $q : Q = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

22. Die Stromrinne ist eine Vertiefung im Grundbett; so wie der Stromstrich eine Erhebung mehrerer Stromfäden in der Oberfläche ist. Beide befinden sich in jedem Querschnitt eines Stromes da, wo die gröfste Tiefe, die gröfste Convexität des Wasserspiegels und die gröfste Geschwindigkeit vom niedrigsten bis zum bordvollen Zustande angetroffen wird. Bei hohen Wasserständen kann sich der Stromstrich mehrmals verändern.

23. Der bordvolle oder der vollufrige Wasserstand ist derjenige, wo das Wasser eben die natürlichen Ufer des Stroms übersteigen, also die Gegend, worin der Strom fliefst, so eben überschwemmen will. Man könnte ihn den normalen nennen, weil für ein Stromrevier bei diesem Wasserstande die Breiten, die Tiefen, die Geschwindigkeiten, und die Neigung des Wasserspiegels, wenn das Gewässer im Beharrungszustande ist, am gleichförmigsten angetroffen werden; und er also darin dem No. 11. erwähnten Normalprofil am nächsten kommt.

24. Die Dossirung (Böschung) eines Stromufers ist 1, 2, 3 u. s. w. füfsig, wenn auf 1 Fufs Höhe die Grundlinie des abgeböschten Ufers 1, 2, 3 u. s. w. Fufs Ausladung hat.

25. Zur Vergleichung der Beobachtungen mit berechneten Resultaten setzt man das beobachtete Resultat $= 1$. Ist nun A das aus Beobachtungen gefundene Resultat und A' das berechnete; so

verhält sich $A : A' = 1 : \frac{A'}{A}$, also ist $1 - \frac{A'}{A}$ die relative Abweichung von der Beobachtung, welche auch das Maafs des Irrthums genannt werden kann.

II.

Von den merkwürdigsten Eigenschaften des Wassers.

26. Das Wasser ist ein materieller, und, zu Folge der angestellten Versuche, entweder gar nicht, oder doch nur in sehr geringem Grade bei Anwendung der gröfsten Kräfte merklich verdichtbarer oder preſsbarer Körper, der aus so aneinander beweglichen und doch unter sich zusammenhängenden Theilchen zusammengesetzt ist, dafs dasselbe seine Figur bei jedem Druck im höchsten Grade verändert; sich gegen alle Beengung seines Raums sträubt, sich zu allen Veränderungen des Raums und zu allen Bewegungen bequemt, welche anzunehmen, es durch irgend eine Pressung genöthiget wird.

27. Das Wasser ist also, Hinsichts der Verschiebbarkeit seiner Theile, von aller Pression unabhängig; folglich bewegen sich die Wassertheilchen mit gleicher Leichtigkeit, sie mögen viel oder wenig gedrückt werden.

Das Wasser wird nun, um den Raum sich zu erhalten, die ihm die Pressung nehmen will, sich schneller bewegen, niederwärts drücken, ja sogar der Schwere entgegen sich aufwärts bewegen.

Es nimmt also die Gestalt jedes Gefäfses an, worin man es gieſst; seine Oberfläche bildet stets eine Horizontalebene; es stöfst alle in dasselbe gesenkte Körper mit einer Kraft von unten nach oben zurück, die dem Gewicht des aus seiner Stelle verdrängten Theils desselben gleich ist, und flieſst beim mindesten Abhange.

28. Die Wassertheilchen hängen nicht allein unter sich, sondern auch beinahe mit allen Körpern zusammen, mit welchen sie in Berührung kommen.

29. Die Wassertheilchen haben aufeinander keine Friction. Denn wenn in der Mitte eines Gefäfses, dessen Bodenfläche nafs gemacht ist, Wasser aufgeschüttet wird; so bewegt sich dasselbe von der Mitte gegen die Seiten so lange, bis es vollkommen horizontal stehet. Litte das sich bewegende Wasser eine Friction, so wäre dazu eine Kraft, solche zu überwinden, folglich ein Abhang nöthig. Der ganze Abhang der Wasserfläche, welcher zur Bewegung gehört, müfste alſo, indem er immer kleiner wird, endlich dem zur Friction gehörigen Abhang gleich werden, und alsdann die Bewegung aufhören. Hätte also das Wasser Friction, so könnte nach geendigter Bewegung keine vollkommene Horizontalfläche statt finden, Nun geschieht aber das Letztere, folglich kann das Erstere nicht seyn.

30. Wasser auf fettige Flächen getröpfelt, nimmt keine horizontale Oberfläche an, und wenn es sich längs solcher Flächen bewegen soll, mufs man sie merklich incliniren. Alſo leidet das Wasser, wenn es sich längs trockenen und fettigen Flächen bewegt, eine Friction. Sind aber die Flächen nafs; so läuft Wasser auf Wasser, und die Friction hört auf.

III.

Allgemeine Betrachtungen über die Bewegung des Wassers in Strom- und Flufsbetten.

31. Der Druck oder die Schwere des Wassers und seine Flüssigkeit sind die Ursachen der Bewegung. Weil aber der Druck keine Bewegung hervorbringen kann, es sei denn, dafs das Gleichgewicht gehoben ist; so folgt, dafs Ströme eine geneigte Oberfläche zur Bewegung bedürfen.

Die Oberfläche jedes Flusses, dessen Wasser frei abfliefst, ist also gegen den Horizont geneigt; deshalb erhalten auch sämmtliche Wassertheilchen im Flufsbett nach derjenigen Richtung, wohin die Oberfläche des Wassers ihren Ahhang hat, einen stärkeren Druck, als nach der entgegengesetzten Seite. Es mufs daher Bewegung nach derjenigen Richtung entstehen, wo der Druck am geringsten ist. Auch mufs die Bewegung nicht allein auf der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe bis nach dem Grundbett zu, stattfinden, indem hier überall aufgehobenes Gleichgewicht eintritt.

32. Es sei *CABD*, Fig. 3., ein Längenschnitt, *AGB* das Grundbett und *GEB* ein Hindernifs, woran das Wasser stöfst, so wird ein Wassertheilchen *F* in der verticalen Section *GH* nicht in Ruhe bleiben können, weil alle Pressungen nach Richtungen wie *FL*, *FM*, oberwärts her, allemal gröfser seyn werden, als die gegenseitigen nach *FK*, *FI*, unterwärts her. Das Wassertheilchen *F*, also ungleich gepreſst, wird sich dahin bewegen, wo es am wenigsten Widerstand findet; es mag übrigens bei dieser Bewegung steigen oder fallen. Da aber die Wassertheilchen mit einander, und mit dem unbeweglichen Bett, cohäriren; so wird zur Bewegung jedes Theilchens erfordert, dafs der Unterschied der Pressungen, oder die Neigung der Oberfläche grofs genug sei, nicht nur diese widerstehende Cohäsion zu überwinden, welche nahe am Boden am gröfsten ist; sondern auch die Massen-Trägheit selbst, und alle Anstöfse und Hindernisse der Bewegung müssen durch das Gefälle des Wasserspiegels (oder durch die hydrostatische Druckhöhe) überwunden werden. Daher fliefsen in einer verticalen Section die oberen Wassertheilchen im Fortgang unterwärts, die mittleren horizontal, und die unteren steigen. Die horizontalen und ansteigenden Bewegungen können die Wassertheilchen nicht durch ihre eigene Schwere machen, sondern es geschieht durch den hydrostatischen Druck der oberen Theilchen auf die unteren, woraus eine Pressung oder ein Anstofs aller verticalen Sectionen des Stroms auf die nächstfolgenden resultirt. Die von Querschnitt zu Querschnitt fortwirkende Kraft bestehet also durch den Druck, welchen die Wassertheilchen in den nacheinander folgenden Querprofilen Flufs abwärts ausüben; und deshalb ist und bleibt der hydrostatische Druck eine nothwendige Bedingung der Bewegung.

33. Denn obgleich die Wassertheilchen (in dem Querschnitt $fd = Q$, Fig. 4.,) um die Höhe (dm) der Schwere entgegen steigend, und in (em) horizontal fliefsen müssen; so wird dies doch durch die Druckhöhe (ab) oder durch das Gefälle, welches der Länge (af) und dem Querschnitt (fd) zugehört, hervorgebracht.

In Fig. 5. ist zwar das Gefälle (oder die Druckhöhe) (ab) für den Querschnitt (fd) sehr geringe, desungeachtet kann die Geschwindigkeit des Wassers in (fd) sehr bedeutend seyn, wenn die Pressung (fe) des unterhalb liegenden Querschnitts $q = ki$ grofs genug ist. Der gröfste Theil der

Wassertheilchen im Querschnitt (fd) wird niederwärts und nur der kleinste (md) steigend, oder vielleicht wie in (em) nahe horizontal fliefsen.

Umgekehrt kann, wie in Fig. 6., die Druckhöhe (ab) für den Querschnitt $fd = Q$ sehr bedeutend seyn, und desungeachtet die Geschwindigkeit des Wassers darin sehr klein gefunden werden, wenn die Druckhöhe (fe), die dem Querschnitt $ki = q$ zugehört, sehr klein ist. Denn der gröfste Theil der Wassertheilchen in (fd) wird durch die viel langsamer fliefsenden Wassertheilchen in (ki) verzögert.

Hieraus wird es nun augenfällig begreiflich: dafs die Bewegung des Wassers in natürlichen Strombetten, und in irgend einem Querschnitt(fd), Fig. 4., 5. und 6., nicht allein von der Druckhöhe (ab) des Querschnitts Q, sondern auch von der Druckhöhe (fe) des unterhalb belegenen Querschnitts q; oder allgemein:

vom Druck und Gegendruck des Wassers in den verschiedenartigen Querschitten abhängt;

wobei zur Vereinfachung der Sache vorausgesetzt wird, dafs $af = fk$ ist.

34. Als höchst wichtig ist aber noch zu bemerken, dafs der Querschnitt q, von welchem die Bewegung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte abhängig ist, nicht willkührlich angenommen werden kann, sondern von den Ortsumständen vorgeschrieben wird. Im Allgemeinen findet man q jedesmal da, wo Stauungen und Abfälle in den natürlichen Wasserbetten entstehen, da, wo das Wasser aus weiten in enge Querschnitte einströmt, oder aus engen in weite Querschnitte abfliefst. Aufserdem ist die Bewegung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte, von Ueberfallswehren, von Kies- und Sandbänken und Anlandungen, die quer durch das Flufsbett liegen und wie Wehre wirken; von Einbauen, Verengungen durch Brücken u. s. w. abhängig.

In einem Flufs, dessen freier Lauf durch ein Ueberfallswehr gesperrt wird, kann sich der Einfluss des Querschnitts q auf dem Scheitel des Wehrs nur höchstens so weit erstrecken, als die Stauweite reicht; in allen andern mehr oberhalb belegenen Querschnitten hängt die Geschwindigkeit nicht mehr von q ab.

In einem Gerinne, wo das Wasser beim Ausfluss in freier Luft abfliefst, ist die Bewegung des Wassers durch den letzten Querschnitt des Abflusses bedingt; und so in ähnlichen Fällen.

35. Aus dem Vorhergehenden läfst es sich nun sehr leicht erklären, wie in einem Flufsbezirk mit beinahe horizontaler Oberfläche dennoch das Wasser mit einer nicht ganz unbedeutenden Geschwindigkeit abfliefsen kann, wenn nur hauptsächlich unterwärts das Gefälle grofs genug ist Auch folgt daraus, dafs Ströme mit einem geringen Gefälle, oder mit einem geringen Unterschied der gegenseitigen Pressungen ihrer Wasserschichten, sich ungleich weniger unter ihrer Oberfläche in die Tiefe erstrecken können, als andere, die ein gröfseres Gefälle und gröfsere Geschwindigkeit haben. Denn wenn z. B. ein Strom in seiner Oberfläche die Geschwindigkeit von 4 Fufs und auf eine Tiefe von 16 Fufs nnter der Oberfläche die Geschwindigkeit von 3,75 Fufs hat; so wird ein

anderer Strom mit der Geschwindigkeit von 0,333 Fuſs an der Oberfläche nicht 0,3125 Fuſs auf eine Tiefe von 16 Fuſs haben, sondern auf eine solche Tiefe vielleicht gar nicht mehr flieſsen. Fig. 7. macht dies deutlicher. Hier ist die hydrostatische Druckhöhe (*ab*) und (*fe*) für die Querschnitte *Q* und *q* sehr klein, überdem ein ansteigendes Hinderniſs (*dhi*) vorhanden.

Nun erzeugt eine geringe hydrostatische Pressung auch nur eine geringe Geschwindigkeit; es bleiben aber desto mehr Wassertheilchen in Ruhe, je geringer die Geschwindigkeit des Wassers ist, indem der Kraftverlust, um die Wassertheilchen in Bewegung zu setzen, verhältniſsmäſsig, bei einer kleinern Druckhöhe und einer kleinern Geschwindigkeit, gröſser, als bei einer gröſseren Druckhöhe und gröſsern Geschwindigkeit ist. Die Bewegung des Wassers wird sich vielleicht nur bis (*mn*) erstrecken, und das ganze Wasservolumen (*ncdhm*) völlig in Ruhe bleiben.

Daſs diese Darstellung und die daraus gezogenen Folgerungen naturgemäſs sind, lehren die Beobachtungen No. 794. bis 799. und ganz besonders der Vortrag No. 61. bis 66.

36. Ferner läſst sich aus dieser Darstellung schlieſsen, daſs mit jeder Aenderung des Querschnitts [die gröſstentheils ganz zufällig, und von dem Widerstand des Materials, woraus das Grundbett oder woraus die Ufer bestehen, abhängig ist] auch das Gefälle oder die Druckhöhe verändert wird: deshalb ist eine Ungleichheit in den Pressungen unvereinbar mit der Gleichheit und Aehnlichkeit der Querschnitte; deshalb findet man in Stromkrümmungen eine stete Veränderung des Wasserspiegels an beiden Ufern; daher bildet der Wasserspiegel oberhalb Ueberfallswehre, oberhalb groſser Verengungen und oberhalb seichter Stellen, die sich quer durch das Fluſsbett gelagert haben, krumme Linien, die die convexe Seite dem Boden zukehren; so wie umgekehrt: wenn das Wasser frei und mit beschleunigter Bewegung abflieſst, der Wasserspiegel eine krumme Linie bildet, die die hohle Seite dem Boden zukehrt.

Dieser allgemeine und höchst wichtige Satz ist bei Auffindung einer allgemein anwendbaren Theorie, von Bewegung des Wassers in natürlichen Fluſsbetten, höchst einfluſsreich, wie der Verfolg dieser Untersuchung ergeben wird.

IV.

Von der Gestalt der Querschnitte in Fluſs- und Strombetten.

37. Bei Querprofilen groſser Flüsse und Ströme unterscheidet man Strom- und Inundationsprofile; von den erstern soll für jetzt nur die Rede seyn.

38. Die Bewegung des Wassers in Strom- und Fluſsbetten stehet mit der Gestalt derselben in der innigsten Beziehung. Denn so wie die Geschwindigkeit des Wassers in der Ausfluſsöffnung der Röhren und Gefäſse von der Gestalt der Oeffnung abhängt, so hängen auch die verschiedenen Geschwindigkeiten des, durch einen Querschnitt flieſsenden Wassers von der Gestalt dieses Querschnitts ab.

Die

Die Querschnitte sind nun entweder regelmäfsig gestaltet, wie Fig. 8. und 9., oder sie sind irregulär, wie Fig. 10. 11. 12. und 13. Im letztern Fall ist entweder die Wassertiefe am recht- oder am linkseitigen Ufer viel gröfser, als an dem gegenüberliegenden; oder das Wasser ist in der Mitte des Stroms viel flächer, als an einer oder gar an beiden Seiten.

Ueberdem unterscheiden sich die Querschnitte grofser Flüsse sehr wesentlich von denen der Kanäle und Gräben, weil ihre Breite 60, 100, ja bei Hochgewässern 300 und mehrmal gröfser als ihre mittlere Tiefe seyn kann. Man vergleiche damit dasjenige, was No. 11. von einem Normalprofil gesagt ist.

Den Einfluſs, welchen die verschiedenartigen Profilgestalten auf die Bewegung des Wassers ausüben, werde ich, wenn ich von dem Verhältniſs rede, in welchem die verschiedenen Geschwindigkeiten irgend eines Querschnitts zu der mittleren Geschwindigkeit desselben stehen, ganz ausführlich abzuhandeln mich bemühen; weshalb ich für jetzt noch darauf verweisen muſs (S. No. 61. bis 86.).

V.

Von der Gestalt des Wasserspiegels in Strom- und Flufsbetten, sowohl in den Längen- als in den Querprofilen.

39. Die Natur stellt uns bei Flüssen und Strömen die Wirkung des Wassers auf die vielfältigste Weise dar. Es giebt keinen Fluſs oder Strom, der beim kleinsten Wasserstande nach einem gleichförmigen Gefälle in einem regulären Bett fortflösse; der nicht häufige Stauungen und Abfälle darstellte; dessen Bett nicht das eine Mal sehr breit, und das andere Mal wieder sehr schmal sei. Alle diese mannigfaltigen Veränderungen und Abwechselungen haben auf die Neigung und auf die Gestalt des Wasserspiegels (No. 36.) einen entscheidenden Einfluſs. Denn so wie das Wasser aus einem breitern Profil in ein engeres flieſsen soll, so geschieht es niemals anders, als daſs sich das Wasser in einiger Entfernung oberhalb der verengten Durchflufsöffnung erhebt; so wie umgekehrt der Wasserspiegel nach dem Boden zu sinkt, wenn Wasser aus einem engen in einen weiten Querschnitt tritt.

Eine gleiche Wirkung erfolgt, wenn das Wasser aus einem tiefen Querschnitt in einen unterhalb liegenden, jedoch im Grundbett höher belegenen, steigend flieſst.

Die Oberfläche des Wassers bildet unter solchen Umständen niemals gerade, sondern stets krumme Linien, weshalb das Wasser, wenn es ganz frei abflieſsen kann (No. 12.), eine convexe Oberfläche erzeugt; dahingegen, wenn dasselbe durch irgend ein bedeutendes Hindernifs, welches sich im Grundbett vorfindet, aufgestauet wird, es eine concave Krümmung im Wasserspiegel darstellt. Dies ist eine Erscheinung, die unter allen Umständen, ja selbst in geraden Gerinnen, so gefunden wird. Es ist eine eigenthümliche Eigenschaft flüssiger Körper, die aus dem geringeren oder gröfseren Gegendruck, den das Wasser der unteren Querschnitte gegen das Wasser der obe-

ren Querschnitte ausübt, hergeleitet werden muſs (No. 33.), weil im ersten Fall der Gegendruck am geringsten, im andern Fall am gröſsten ist.

40. In einem horizontalen, oder in einem geneigten Gerinne, dessen oberes Ende mit einem Fallschütz versehen ist, und wo das Wasser am Ende frei in der Luft abflieſsen kann (also wo im letzten Querschnitt gar kein Gegendruck statt findet), bildet der Wasserspiegel jedesmal die Linie *abc*, Fig. 14., oder die Linie *def*, Fig. 15. Der Wendungspunkt, wo die concave Curve in die convexe übergehet, ist in Fig. 14. bei (*b*) und in Fig. 15. bei (*e*). Die Entfernung des Wendepunkts *b* von *a* Fig. 14., oder *e* von *d* Fig. 15., hängt ab von der Geschwindigkeit des Wassers, welches aus der Schützöffnung bei *a* oder bei *d* strömt, und von der gröſseren oder geringeren Neigung des Gerinnes. Ist das Gerinne sehr geneigt, so ist die Erhebung des Wassers bei *e*, Fig. 15., unbedeutend oder gar = 0.

41. Kann aber das Wasser am Ende des Gerinnes nicht ganz frei abflieſsen; ergieſst sich z. B. dasselbe in ein stillstehendes Wasser, oder in ein Wasser, dessen Geschwindigkeit viel geringer als die des Wassers im Gerinne ist: so bildet in einem geneigten Gerinne der Wasserspiegel daselbst jedesmal die concave Curve *hik*, Fig. 16.

42. Eine gleichförmig fallende Linie findet auf der Oberfläche des Wassers in der Natur wohl sehr selten statt; sondern der Schenkel *def* der Curve *cdef*, Fig. 17., wird sich desto mehr der geraden Linie nähern, je weiter sie sich längs ihrer Axe *dg* hinerstreckt. Alsdann muſs aber die Oberfläche desjenigen Recipienten, oder die Oberfläche desjenigen Strombezirks, worin sich das Wasser des Gerinnes ergieſst, gleiche Neigung mit der Oberfläche des Wasserspiegels im Gerinne haben.

43. Dieselben Erscheinungen, die wir so eben an der Gestalt des Wasserspiegels im Gerinne bemerkt haben, wiederholen sich bei Flüssen und Strömen. Der Wasserspiegel nimmt bald eine convexe, bald eine concave Gestalt an, je nachdem der Gegendruck unterhalb belegener Profile kleiner oder gröſser als der obere ist.

Eine gleichförmig fallende Linie wird daher wohl nur oberhalb solcher Strom- und Fluſsstrecken angetroffen, wo die krumme Linie des Wasserspiegels aus der concaven in die convexe, oder umgekehrt, übergehen will.

44. Meines Wissens hat Herr Michellotti, in seinen hydraulischen Versuchen, zuerst Untersuchungen über das Geschlecht der Curve, welche das Wasser auf der Oberfläche, der Länge nach, erzeugt, angestellt. Er findet, daſs der Wasserspiegel eine Hyperboloide oder eine Parabel bildet, deren Scheitelpunkt mit dem Mittelpunkt der Hyperboloide einerlei ist. Strenge genommen kann dies deshalb nicht wahr seyn, weil die Parabel keinen Wendungspunkt hat. Der Wasserspiegel eines Strombezirks bestehet aber aus einer zahllosen Menge von Curven, die bald die convexe, bald die concave Seite dem Boden zukehren. Was es aber auch für eine Art von Curve sei, so hat es seine Richtigkeit, und wird durch alle Beobachtungen, die ich in dieser Abhandlung mit-

theilen werde, aufs aller vollkommenste bestätiget: dafs unter der Voraussetzung, dafs das Gefälle des Wasserspiegels gegen die Länge, welche diesem Gefälle zugehört, klein ist, die krumme Linie als halbe Parabel, oder als ein Bogentheil derselben, angesehen werden könne; ja! dafs diese Annahme noch zuläfsig ist, wenn sich die Länge zum Gefälle wie 8 : 1 verhält. Ein Verhältnifs zwischen Länge und Gefälle, welches kaum bei Mühlengerinnen, geschweige bei Strömen in Anwendung kömmt.

45. Kann man annehmen, der Wasserspiegel bildet auf eine gewisse Länge den Bogen einer halben Parabel AGF, Fig. 18., so ist bekanntlich die Gleichung für die gemeine Parabel $px = y^2$. Nun ist aber der Parameter $p = \frac{AG^2}{GF}$, daher $ML = \sqrt{\frac{AG^2}{GF}} \cdot MF$.

46. Kann man aber nicht annehmen, dafs, Fig. 18., AB sehr klein gegen CB ist, und setzt man voraus, dafs der Wasserspiegel eine halbe Parabel, oder wenigstens ein Bogenstück derselben bildet, in welchem $CB = b$ und parallel mit GF, $AB = a$, $CK = d$, und $KL = f$ gegeben sind; so hat man $HC = MK = GB = y$ und $FH = x$, daher $(y+a)^2 = p(x+b)$. Aber es ist auch $(y+f)^2 = p(x+d)$, daraus folgt $p = \frac{af(a-f)}{bf-ad}$.

Mittelst dieser beiden Gleichungen (No. 45. und 46.) ist es nun sehr leicht, die angestellten Beobachtungen über die Figur des Wasserspiegels, der Länge nach, unter der Voraussetzung zu vergleichen, dafs derselbe eine halbe Parabel oder deren Bogentheil bilde. Ist der Wasserspiegel convex, so liegt die Axe der halben Parabel oder des Bogentheils unter dem Wasserspiegel, wie Fig. 18. in GF; ist der Wasserspiegel concav, so liegt die Axe der Parabel über dem Wasserspiegel, wie in Fig. 17. *gd*.

47. Merkwürdig ist es, dafs die Curve, welche den Wasserspiegel fliefsender Gewässer gestaltet oder vielmehr begrenzt, nicht unter allen Umständen eine stromabwärts geneigte Parabel ist; sondern dafs oberhalb Ueberfallswehre oder oberhalb verengter Oeffnungen sogar ein Steigen, also ein negatives Gefälle, der bewegten Wassermasse statt finden kann. Dieses wird in allen Fluls- und Strombezirken, die grofse Krümmungen haben, oder wo querdurch Kies- und Sandbänke liegen, die wie Wehre wirken, bestätiget.

Erste Beobachtung.

S. Dubuat's Grundlehren der Hydraulik, II. Theil S. 118, 192ster Versuch. Bezeichnet man die Entfernung der Perpendikulären vom Anfangspunkt, der hier auf dem Scheitel des Ueberfallwehrs genommen ist, mit $\mathfrak{E}$ (siehe Fig. 19. *B*), den Abhang des Bodens GH mit $\mathfrak{A}$, die Wassertiefe CG oder BF mit $\mathfrak{T}$, die Perpendikuläre AC oder IK von der Horizontale AB mit $\mathfrak{P}$; so gab die Beobachtung, alle Gröfsen in Pariser Zollmafs ausgedrückt:

C	A	T	P
0	—	5,333	0
60	0,05982	5,333	+ 0,059821
204	0,20340	5	— 0,129906
348	0,34696	4,833	— 0,153370
492	0,49055	4,5160	— 0,33680
636	0,63415	4,4580	— 0,24160
780	0,77777	4,3333	— 0,22230
924	0,92128	4,1666	— 0,24555
1068	1,06500	3,8333	— 0,43530
1232	1,22810	3,7500	— 0,35490
1356	1,35200	3,6666	— 0,31530

Die Höhe des Ueberfalls war 4,083 Zoll.

Zweite Beobachtung.

S. Dubuat's Grundlehren, 191ster Versuch. Dabei bedeutet C die gröfste Geschwindigkeit des Wassers in einem Stromfaden, G die Geschwindigkeit eben dieses Stromfadens am Boden, V die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts, und ψ den Werth $\frac{V}{C}$.

C	A	T	P	C	G	V	ψ
0	—	—	—				
60	0,131	7,250	0,3719	9,6	5,76	8,93	0,93
132	0,2821	7,0833	0,3875				
204	0,44541	6,750	0,5573	11,75	6,12	9,14	0,8936
276	0,60265	6,550	0,6003				
348	0,75983	6,333	0,6621	12	7,02	10,22	0,8523
420	0,91703	6,1666	0,6759				
492	1,0742	6,0833	0,5954	13,09	7,2	10,65	0,8133
564	1,2315	6,0000	0,5214				
636	1,3886	5,7500	0,6143	13,09	7,57	11,26	0,8606
708	1,5460	5,7083	0,4981				
782	1,7030	5,5000	0,5499	15,15	8	11,78	0,7774
852	1,8603	5,4160	0,4766				
924	2,0175	5,0000	0,7354	15,15	8,47	12,89	0,8508
996	2,1747	4,7916	0,7866				
1068	2,3341	4,5160	0,9028	18	9	14,34	0,7968
1140	2,4891	4,5000	0,7658				
1284	2,8034	4,4160	0,5335	18	9,93	14,67	0,815
1428	3,1179	4,4160	0,219				
1428	3,1179	4,6350	—	18	9,93	13,97	0,7764

Die Höhe des Ueberfalls war 4,083 Zoll, und die Wassermenge auf die Secunde = 1112 Kubikzoll.

Dritte und vierte Beobachtung oberhalb verengter Abflufsöffnungen.

S. Dubuat, II. Theil S. 123, 194ster Versuch.

E	A	T	P	E	A	T	P
Dritte Beobachtung.				Vierte Beobachtung.			
0	0	6,666	0,7296	0	0	5,333	0,313
3	0,01938	6,750	0,6276	—	—	—	—
9	0,05816	6,958	0,3803	9	0,05816	5,166	0,4221
15	0,09693	6,9166	0,3827	—	—	—	—
21	0,13570	6,75	0,5105	21	0,13570	5,000	0,5105
27	0,17440	6,6666	0,5299	—	—	—	—
33	0,21322	6,6666	0,5170	33	0,21322	4,916	0,5170
39	0,25202	6,5835	0,5609	—	—	—	—
45	0,29080	6,5835	0,5219	45	0,29080	4,833	0,5224
51	0,32967	6,5416	0,5251	—	—	—	—
57	0,36834	6,5	0,5279	57	0,36834	4,666	0,6112
63	0,40710	6,5	0,4891	—	—	—	—
69	0,44588	6,416	0,5344	69	0,44588	4,516	0,6844
75	0,48466	6,416	0,4956	—	—	—	—
81	0,52340	6,25	0,6228	81	0,5234	4,5	0,6228
87	0,56220	6,5	0,3340	—	—	—	—
93	0,60100	6,516	0,2792	93	0,6010	5	0,0452
100	0,6462	6,75	0,0000	100	0,6462	5	0,0000

48. Unter gewissen Umständen kann auch der Wasserspiegel fliefsender Gewässer auf lange Strecken ganz horizontal, und dennoch das Wasser in Bewegung angetroffen werden. Man sehe deshalb die merkwürdigen Versuche, welche Herr Hageau angestellt hat [Beobachtung No. 794. bis 799.], wo das Wasser auf 3606 Fufs ganz horizontal angetroffen wurde, obgleich in der Secunde 8100 bis 105976 Kubikzoll Wasser durch jeden Querschnitt mit einer Geschwindigkeit von 0,28626 bis 3,2954 Zoll abflossen.

49. Dafs man die Theile der Curve, welche der Wasserspiegel bildet, von Strecke zu Strecke, wo ein Wendungspunkt statt findet, als halbe Parabeln, oder als Parabel-Bogenstücke ansehen kann, beweisen nachstehende Beobachtungen.

Fünfte Beobachtung.

S. Michellotti's hydraulische Versuche, S. 180. und 181. der deutschen Uebersetzung. Alle Gröfsen in Pariser Zollmafs ausgedrückt.

Perpendikuläre nach der Länge des Kanals, aber stroman gerechnet.	XII.	XI.	X.	IX.	VIII.	VII.	VI.	V.	IV.	III.	II.	I.
Wassertiefe in jeder Perpendikuläre	10,333	10,216	10,125	10	9,833	9,666	9,333	9,166	8,833	8,416	8,166	8,083
Der Boden des Kanals war nicht völlig horizontal, sondern hatte mehrere kleine Erhebungen, diese betrugen als Abweichung von der Horizontallinie	0	0,041	0,166	0,083	0,166	0,166	0,333	0,166	0,333	0,416	0,25	0,084
Corrigirte Wassertiefen .	10,333	10,257	10,291	10,083	9,999	9,832	9,666	9,332	9,166	8,832	8,416	8,167
Ziehet man hiervon die Wassertiefe der ersten Perpendikuläre = 8,167 Zoll ab, ...	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167	8,167
So ergeben sich die Ordinaten der Curve, welche der Wasserspiegel bildet, und diese sind . . .	2,166	2,09	2,124	1,916	1,832	1,665	1,499	1,165	0,999	0,665	0,249	0
Die dazu gehörigen Abscisen sind	1290	1170	1050	930	810	690	570	450	300	216	90	0
Der Parameter ist nach der Gleichung No. 46. $= p =$ 0,00364, und die berechneten Ordinaten nach der Formel $y = \sqrt{px}$, welche die Curve des Wasserspiegels bilden	2,118	2,0637	1,955	1,810	1,7172	1,5849	1,44	1,28	1,045	0,8743	0,5723	0

Bei diesen Beobachtungen ist zu bemerken, dafs der Kanal nur 24 Zoll breit war, und dafs das Wasser in wallenden und wellenförmigen Bewegungen flofs, weshalb eine genaue Beobachtung des Wasserspiegels sehr schwierig ist. Uebrigens stimmen die berechneten Resultate unter der Voraussetzung, dafs der Wasserspiegel eine halbe Parabel sei (man sehe die Beobachtungen No. 176. bis No. 234.), mit den Resultaten der Erfahrung ziemlich genau überein.

Sechste Beobachtung.

Wenn in dem Kunstkanal zu Neusalzwerk, welchen wir aus den Beobachtungen No. 552. bis No. 627. kennen lernen, und der von 8,17 zu 8,17 Fuſs mit Zangen 196 Fuſs oberhalb seiner Abflufsöffnung bedeckt und überdem verschalt war, das Wasser ganz frei über den Fachbaum in einer Höhe von 2,4 Fuſs abfloſs; so entstand auf der Oberfläche des Wasserspiegels eine convexgekrümmte Curve, von der Abflufsöffnung stromau gerechnet. Vergleicht man diese mit der Parabel, so erhält man nachstehende Resultate:

Nach der Beobachtung.		Nach der Berechnung.	
Abscissen.	Ordinaten.	Ordinaten.	
0	0	0	Parameter $p = 0{,}004159$.
8,17	0,18	0,18436	
16,34	0,21	0,26076	
32,68	0,35	0,36814	
49,02	0,45	0,45153	
65,36	0,48	0,52138	
81,70	0,50	0,58894	
98,04	0,55	0,63855	
114,38	0,58	0,68948	
130,72	0,63	0,73735	
147,06	0,70	0,78190	
163,4	0,74	0,8244	
179,74	0,76	0,8268	
196	0,81	0,9028	

Siebente Beobachtung.

Vergleichen wir in den Beobachtungen No. 552. bis No. 589. die Länge von 0 bis 4860 Fuſs mit der dazu gehörigen Neigung des Wasserspiegels, ebenfalls im Neusalzwerker Kunstkanal; so ergiebt sich eine concave Curve, die der Wasserspiegel bildet.

Nach der Beobachtung.		Nach der Berechnung.	
Abscissen.	Ordinaten.	Ordinaten.	
0	0	0	Parameter $p = 0{,}0002742$
468	0,32	0,3192	
912	0,38	0,5001	
1260	0,42	0,5877	
1740	0,54	0,6906	
2148	0,65	0,7674	
2616	0,76	0,8469	
3420	0,945	0,9683	
4176	1,070	1,070	
4680	1,140	1,133	

Der Grundsatz, welcher (No. 36.) vorgetragen ist, bewährt sich auch hier und unter allen Umständen. Denn wenn das Grundbett nicht gleichförmig fallend, oder steigend, oder ganz horizontal ist; so hat dies (ist die Wassertiefe nicht sehr bedeutend) gleich Einfluſs auf die Gestalt des Wasserspiegels. Bei niedrigen Wasserständen, wo also die Hindernisse am Grundbett sehr einfluſsreich sind, bestehet der Wasserspiegel niemals aus einer, sondern bald aus convexen, bald aus concaven Krümmungen: deshalb ist z. B. auch der Wasserspiegel der Beobachtungen No. 270. bis No. 311. nicht aus einer, sondern aus mehreren Krümmungen zusammengesetzt; also mit einer einzigen Curve nicht vergleichbar.

Achte Beobachtung.

Ebenfalls im Neusalzwerker Kanal angestellt. Man vergleiche damit Beobachtung No. 590. bis No. 627. Sie beweiset ebenfalls, daſs wenn irgend ein bedeutendes Hinderniſs quer durch das Grundbett des Kanals liegt, der Wasserspiegel eine concave Gestalt annimmt.

Nach der Beobachtung.		Nach der Berechnung.	
Abscissen.	Ordinaten.	Ordinaten.	
0	0	0	$p = 0{,}0006336$
510	0,51	0,568	
1236	0,885	0,885	

Neunte

Neunte Beobachtung.

25960 Fuſs unterhalb Grohnde, wird man nach den Beobachtungen No. 440. bis No. 489. die Stauung des Hamelschen Wehrs in der Weser gewahr. Vergleicht man die Länge von 25960 Fuſs abwärts bis 43600 Fuſs mit der dazu gehörigen Neigung des Wasserspiegels, so ergiebt sich eine concave Curve.

Anmerk. [Wenn die Ordinaten der Berechnung nicht ganz genau mit denen der Erfahrung zusammenstimmen, so ist dies sehr begreiflich; weil, wie auch Fig. 2. zeigt, oberhalb des Wehrs mehrere Krümmungen, und in dem Strombett zahllose Erhebungen und Vertiefungen vorhanden sind, die (nach No. 56.) einen wesentlichen Einfluſs auf die Bildung und Gestalt des Wasserspiegels haben.]

Nach der Beobachtung.		Nach der Berechnung.	
Abscissen.	Ordinaten.	Ordinaten.	
0	0	0	
368	0,0735	0,2163	
1600	0,2193	0,4768	
2240	0,3304	0,5545	
2560	0,4435	0,5714	
3488	0,5682	0,6670	
4576	0,7245	0,7640	
7056	0,9242	0,9487	
7648	0,9867	0,98768	
8336	1,0422	1,03120	
9920	1,1790	1,125	
11776	1,2245	1,2256	
13416	1,2975	1,3981	
14056	1,3356	1,339	
16488	1,4068	1,4485	
17160	1,4510	1,4945	
17640	1,5006	1,4980	

Parameter $p = 0{,}00018755$

Zehnte Beobachtung.

Das nachstehende Nivellement des Wasserspiegels der Beobachtungen No. 139. bis No. 156. dient dazu, um, wie schon (No. 42.) erwähnt ist, zu zeigen, daſs der Wasserspiegel irgend einer Stromstrecke eine gleichförmig fallende Linie nur oberhalb des Wendungspunkts, wo die Curve aus der concaven in die convexe, oder umgekehrt, übergehen will, annehmen kann, wenn die Ufer ziemlich gerade sind.

Anmerk. [Uebrigens lehrt dieses Nivellement, daſs das Gefälle des Wasserspiegels auch selbst in ziemlich graden Strombesirken nicht an beiden Ufern gleich ist.]

Entfernungen vom Anfangspunkt.	Gefälle des Wasserspiegels am Ufer.		Entfernungen vom Anfangspunkt.	Gefälle des Wasserspiegels am Ufer.		Entfernungen vom Anfangspunkt.	Gefälle des Wasserspiegels am Ufer.	
	rechts.	links.		rechts.	links.		rechts.	links.
0	0	0	2328	0,545	0,614	5115	1,261	1,314
240	0,061	0,051	2472	0,598	—	5595	1,335	1,396
480	0,088	0,105	2712	0,671	0,776	5859	1,367	1,455
720	0,173	0,159	2952	0,718	0,785	6387	1,572	1,613
960	0,181	0,211	3192	0,772	0,877	6627	1,681	1,738
1140	0,212	0,258	3327	0,837	0,911	6867	1,692	1,740
1200	0,218	0,264	3435	0,880	0,946	7107	1,714	1,805
1440	0,233	—	3675	0,921	0,967	7479	1,910	1,920
1680	0,338	0,346	3915	0,992	1,019	7872	2,001	2,101
2160	0,492	0,571	4635	1,136	1,201			

50. Aufser diesen vorstehenden Beobachtungen lehren die unter No. 251. bis No. 641. und No. 748. bis No. 799., so wie No. 800. bis No. 808. mitgetheilten Versuche, dafs der Wasserspiegel unter allen Umständen, als sei er aus halben Parabeln oder aus Parabelbogenstücken zusammengesetzt, angesehen werden kann. Ferner: dafs, wenn die Perpendikulären von der Horizontale bis zur wirklichen Curve etwas gröfser oder kleiner als die Ordinaten der Parabel sind, diese Abweichung von den Krümmungen der Ufer, von den Erhebungen und Vertiefungen des Grundbetts, von den Verengungen, kurz, von den mannigfaltigen Profilgestalten herrührt. Allgemein bewährt sich aber der unumstöfsliche Grundsatz, dafs sich bei jeder Querschnittsänderung auch das Gefälle des Wasserspiegels verändert. Dies gehet so weit, dafs, wie ich es viele Male beobachtet habe, selbst Einbaue, die 12, 14 und mehrere Fufse unter Wasser lagen, durch die Erhebungen und Vertiefungen des Wasserspiegels erkannt werden konnten. Deshalb kann man aus einem genauen Nivellement des Wasserspiegels beider Ufer sogleich ersehen, in welchen Stellen verengte oder sehr breite und tiefe Querschnitte angetroffen werden. Denn oberhalb der erstern ist jedesmal eine grofse Neigung (ein starkes Gefälle), oder, was gleichgültig ist, die Convexität des Wasserspiegels am gröfsten; bei letzteren aber ist wenigstens an einer Seite der Wasserspiegel concav, wenn er es nicht an beiden Ufern ist.

51. Die Untersuchung über die Gestalt des Wasserspiegels wird öfters dadurch sehr vereinfacht, dafs [zwar nicht ganz allgemein, jedoch in den mehrsten Fällen der Ausübung] zwischen zwei verengten Querschnitten q und q' [die so beschaffen sind, dafs alle Querschnite zwischen denselben von dem unterhalb belegenen Querschnitt q' abhängen] der Wasserspiegel einen, höchstens zwei Parabelbogen, mit Hinweglassung kleiner Abweichungen bildet, also nur ein Wendungspunkt vorhanden ist. Liegen aber zwischen q und q' noch Querschnitte, die den Abflufs des Wassers nur zum Theil, aber nicht ganz, so wie der verengte Querschnitt q', behindern: so zeigt dies zwar die Gestalt des Wasserspiegels bei einem genauen Nivellement an; aber die Ausmittelung der wahren hydrostatischen Druckhöhe (oder des Gefälles), welche jedem Querschnitt entspricht, unterliegt alsdann mehreren Schwierigkeiten, wie der Verfolg dieser Untersuchung zeigen wird.

VI.

Von der Gestalt des Wasserspiegels, insbesondere nach der Quere des fliefsenden Gewässers.

52. In einem fliefsenden Gewässer ist die Oberfläche des Wassers im Querschnitt niemals horizontal, sondern bald am link- bald am rechtseitigen Ufer höher oder niedriger; öfters in der Mitte erhoben. Wir wissen zwar, dafs sich die Gestalt derselben, im Bezug auf die Figur, oder im Bezug auf den geometrischen Zustand der Querschnitte ändert; aber wie diese Aenderungen beschaffen sind, davon ist schon deshalb sehr wenig bekannt, weil es

schwierig ist, zu diesem Behuf in Gerinnen und kleinen Kanälen, geschweige in grofsen Flüssen und Strömen, Messungen anzustellen.

Zu welchem Geschlecht die Curve gehört, welche der Wasserspiegel nach der Quere irgend eines fliefsenden Gewässers bildet, ist bis jetzt, meines Wissens, ganz unbekannt.

53. In einem geneigten Gerinne, dessen oberes Ende mit einem Fallschütz versehen ist, ist die Oberfläche des Wassers im Querschnitt niemals horizontal, wie *ab* Fig 20.; sondern sie bildet im Querschnitt die Figur *acb*, und im Grundrifs Fig. 21. erzeugen sich auf der Oberfläche Wasserstreifen in der Gestalt *efg*, *hik*, u. s. w.

In der verticalen Section *afeb* Fig. 20. findet sich in dem Streifen *cd*, so wie in dem Wasserfaden *fm* Fig. 21. die gröfste Geschwindigkeit aller Wasserfäden des Querschnitts. Leichte Körper bei *a* aufs Wasser geworfen, ziehen sich nach *c* Fig. 20., als dem höchsten Punkt des Wasserspiegels im Querschnitt hin, und fliefsen in der Richtung *fm* Fig. 21. fort.

Je gröfser die Geschwindigkeit des Wassers und je schmaler das Gerinne ist, desto spitzer ist der Winkel *acb* Fig. 20. und *efg* Fig. 21.; je geringer die Geschwindigkeit und je breiter das Gerinne, desto stumpfer sind selbige, und bei geringen Geschwindigkeiten kaum bemerkbar.

54. In Flüssen und Strömen findet man diese Erscheinung wieder. Ueber der Stromrinne (No. 22.) bildet sich bei grofser Geschwindigkeit des Wassers ebenfalls, nur nicht so auffallend, eine convexe Oberfläche *ace* Fig. 11., die bei geringen Geschwindigkeiten unbemerkbar wird. Dabei ist es eine auffallende Erscheinung, dafs z. B. beim schnellen Anwuchs und grofser Geschwindigkeit des Wassers leichte Körper, die etwa in *f* oder in *g* auf die Oberfläche des Wassers geworfen worden, sich nach *c* hinziehen; dagegen leichte Körper in *a* und *b* nach und nach dem Ufer zugestofsen werden, wohin sie das wallende Wasser trägt, das pausenweise am Ufer anschlägt.

55. Dafs sich diejenigen Stromfäden am mehrsten erheben, die die gröfste Geschwindigkeit haben, rührt wahrscheinlich daher, weil das fliefsende Wasser nicht so stark drückt, als ruhendes. Denn das Wasser fliefst in jedem Stromschlauch blofs durch sein Gewicht. Ein Theil dieses Gewichts wird also zur Bewegung, und nur der Ueberrest zum Druck verwandt; dahingegen drückt das stehende oder ruhende Wasser mit seinem ganzen Gewicht. Je schneller sich aber ein Stromfaden bewegt, um desto gröfser ist der Theil seines Gewichts, welcher auf die Bewegung verwandt wird; um desto weniger bleibt also zum blofsen Druck übrig; um desto beträchtlicher ist folglich auch der Unterschied in der Höhe des schnellfliefsenden und des ruhenden oder langsamer fliefsenden Wassers, welches mit jenem Gemeinschaft hat. Daher kommt es, dafs dieser Unterschied nur an Strömen und Flüssen, die selbst an ihren Ufern schnell fortfliefsen, gegen ganz ruhiges oder langsam fliefsendes, damit in unmittelbarer Verbindung stehendes Wasser recht sichtbar ist.

56 In der Ausübung bestätiget sich diese eben gegebene Erklärung nicht allgemein. Denn in den Beobachtungen No. 251. bis No. 400. findet man öfters das Wasser am convexen Ufer höher, als an dem gegenüberliegenden concaven, was doch nicht statt finden sollte. Liegt hier nun ein fehlerhaftes Nivellement zum Grunde, oder verursachen andere physische oder örtliche Umstände diese Erscheinung? — dies mufs ich vorläufig auf sich beruhen lassen. So viel ist aber gewifs:

Flüsse und Ströme, die in Krümmungen fliefsen, in deren Bette Inseln, oder künstliche Einbaue angetroffen werden, haben niemals an beiden Ufern ein gleiches Gefälle, sondern dasselbe wird öfters sehr verschieden gefunden; bald ist der Wasserspiegel am rechtseitigen, bald am linkseitigen Ufer höher, und oft bedeutend verschieden.

Hieraus folgt: dafs die Wasserfäden, welche sich in einem Stromschlauch länge demselben hin bewegen, eben so wenig alle einerlei Gefälle als einerlei Geschwindigkeit haben.

67. Bei den physisch-mathematischen Untersuchungen kommt es aber ganz besonders darauf an, das Gefälle des Wasserspiegels in der Stromrinne oder im Stromstrich zu wissen; weil (wie wir No. 68 f. sehen werden) in der Stromrinne eines und desselben Querschnitts die gröfste Wassermenge abfliefst. Richtig ist es also nicht, wenn man die arithmetische Mittelzahl aus dem an beiden Ufern gefundenen Gefälle annimmt; deshalb kann nur das Gefälle des Stromstrichs und der Stromrinne, aus Vergleichung der geometrischen und nivellitischen Messungen an beiden Ufern, richtig bestimmt werden.

58. Diese nothwendige Forderung führt von selbst auf das Bedürfnifs, das Gefälle des Wasserspiegels an beiden Ufern zu kennen; daher ist dies eine unerläfsliche Bedingung, so wie, dafs unter allen Umständen, wo Wasser in Strom- und Flufsbetten in Bewegung ist, das Gefälle gegeben seyn mufs, weil allemal örtliche Umstände die Gestalt des Wasserspiegels vorschreiben.

Denn da die gröfsere oder geringere Vertiefung des Grundbetts, der Länge nach, von der gröfseren oder von der geringeren Festigkeit des Materials abhängt, dieses aber örtlich oder zufällig ist; so kann bei physisch-mathematischen Untersuchungen dieselbe nicht mit in Betracht gezogen werden, weil man die Wassertiefe nur zwischen zwei Querschnitten stetig veränderlich annehmen kann. Aber die Bewegung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte zwischen zwei Verengungen q und q' hängt nicht immer ganz allein von q' ab, sondern zwischen q und q' können noch mehrere Querschnitte Q, Q', Q'' u. s. w. seyn, die das ihrige zur geringeren Bewegung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte beitragen. Bei solchen Umständen ist also weder die Wassertiefe zwischen zwei Verengungen q und q', noch das Gefälle des Wasserspiegels stetig, sondern ungleich veränderlich; und deshalb mufs allemal und unter allen Umständen die Neigung des Wasserspiegels gegeben seyn.

59. Zur leichteren Auffindung desjenigen verengten Querschnitts q, von welchem die Bewegung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte abhängig ist; zur richtigen Darstellung des Gefälles, welches der Wasserspiegel in der Stromrinne hat; zur Auffindung der Wendepunkte, die der Wasserspiegel bildet (also wieweit die Curve als ein Parabelbogen angesehen werden könne), dient es offenbar, wenn man die Höhen und die mittleren Tiefen der Querschnitte nach einem so grofsen Maafsstab aufträgt, dafs jede kleine Aenderung des Gefälles bemerkbar ist, weil man dadurch in den

Stand gesetzt wird, alle physische Gegenstände bildlich zu übersehen, welche auf die Bewegung des Wassers zwischen zwei verengten Querschnitten Einfluſs haben.

60. Auſserdem habe ich noch eine Erscheinung bei Bildung des Wasserspiegels entdeckt, die meines Wissens noch nicht beachtet oder doch wenigstens noch nicht bekannt gemacht ist; sie wird auf nachstehende Weise jedesmal erzeugt.

Wenn der Querschnitt *abcd* Fig. 22., irgend eines flieſsenden Gewässers, dessen Oberfläche *agd* ist, durch einen Einbau *mnoiam* zum gröſseren oder zum geringeren Theil eingeschränkt wird; so stauet das Wasser oberhalb des Einbaues auf, und erhebt sich um die Höhe *efl*, zugleich sinkt aber auch unterhalb der Wasserspiegel um die Höhe *gh*, so, daſs der neue Wasserspiegel unterhalb des Einbaues durch die Linie *ihk* dargestellt wird. Der Unterschied des Ober- und Unterwassers, ist also nicht *fg* (wie besonders Dubuat, man sehe die Beobachtungen No. 745. und No. 756., geglaubt hat), sondern wirklich *fh*.

Im Längenprofil, Fig. 23., wird diese Erscheinung noch anschaulicher dargestellt.

AB stelle beim freien und ungehinderten Lauf des Wassers den Wasserspiegel vor. Durch den Einbau *mnyx* wird der Wasserspiegel oberhalb um die Höhe *CD* aufgestauet; aber zugleich sinkt der Wasserspiegel *CB* unterhalb des Einbaues um die Gröſse *CE*, so, daſs nun *FB* und *DA* den neuen Wasserspiegel bezeichnen.

VII.

Von dem Verhältniſs, in welchem die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers irgend eines Querprofils zu der mittleren Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts stehen.

61. In keinem Querschnitt irgend eines flieſsenden Gewässers, es mag gleichförmig, verträgt oder beschleuniget flieſsen, ist die Geschwindigkeit in allen Punkten der Oberfläche gleich; sondern an den Ufern stets etwas und oft (nachdem der Querschnitt gestaltet ist) sehr viel geringer als im Stromstrich oder in der Stromrinne. Man unterscheidet deshalb an der Oberfläche jedes Querschnitts drei Geschwindigkeiten, nämlich: die gröſste Geschwindigkeit irgend eines Stromfadens im Stromstrich, und zwar in der Oberfläche des Wassers, $= C$; die kleinste Geschwindigkeit irgend eines Stromfadens am Ufer $= W$; und die arithmetische Mittelzahl aller an der Oberfläche gefundenen Geschwindigkeiten $= U$.

Nennt man nun die arithmetische Mittelzahl aller Geschwindigkeiten am Grundbett $= S$; so stehen jedesmal in irgend einem beliebigen Querschnitt diese vier verschiedenen Geschwindigkeiten C, W, U und S mit der mittleren Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts $= V$ in einer gewissen Beziehung.

Dieses Verhältniſs, in welchem C, W, U und S gegeneinander stehen, wird nur alsdann von der Gestalt des Querschnitts, worin sie gesucht werden, bedingt, wenn das Wasser ganz frei, entweder gleichförmig oder beschleuniget, abflieſsen kann; wird aber dasselbe verträgt, so kann jenes Verhältniſs nur alsdann bestimmt werden, wenn der unterhalb liegende verengte Querschnitt, von wel-

chem die Bewegung oberhalb belegener Profile abhängig ist, mit in Betracht gezogen wird.

Man sieht leicht ein, dafs die Bestimmung des gegenseitigen Verhaltens dieser Geschwindigkeiten sehr schwierig seyn mufs, und deshalb haben sich seit zwei hundert Jahren die gröfsten Gelehrten, jedoch ohne wesentlichen Erfolg, bemühet, dieses Verhältnifs allgemein festzustellen. Solche Untersuchungen haben auch ihre eigenen und grofsen Schwierigkeiten, wie nachstehende Darstellung lehren wird.

62. Das Längenprofil des Flusses *ABDC*, Fig. 24., werde der Breite nach mit einer Ebene *EF* dergestalt geshnitten, dafs der Schnitt mit des Stromes Richtung und mit seiner Oberfläche rechte Winkel macht, so heifst diese Section (nach No. 4.) ein Quershnitt. Dieser Querschnitt wird durch die Fig. 9. *AFEC* vorgestellt. Wenn man nun in ihm die geraden Linie *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* und *h* so ziehet, dafs sie mit *AC* rechte Winkel machen, und also auch zugleich in der Ebene des Längenprofils sind; so werden diese Linien nicht genau vertical seyn, sondern um den Winkel *EFG*, Fig. 24., welcher dem Gefälle des Wasserspiegels gleich ist, von der lothrechten Lage abweichen. Dieser Winkel ist aber gewöhnlich so klein, dafs man ihn aufser Betracht lassen, und die Linien *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* und *h*, Fig. 9.. als wirkliche Perpendikulären annehmen und so auch benennen darf. In einer solchen Perpendikuläre *a*, Fig. 9., = *AB*, Fig. 25., habe man in verschiedenen Punkten *A*, *C*, *D*, *E*, *B* die Geschwindigkeit des Stroms durch wirkliche Messungen bestimmt; so können diese Geschwindigkeiten durch Linien *AF*, *CG*, *DH*, *EI* und *BK* als Ordinaten ausgedrückt werden, welche sowohl auf *AB*, als auf der Ebene des Querschnitts *AFEC*, Fig. 9., senkrecht stehen. Kann man zu jedem Punkt in der Perpendikuläre *AB*, Fig. 25., die Ordinaten angeben, so läfst sich durch die Endpunkte aller Ordinaten die Linie *FGHIK* ziehen, und man erhält dann in der solcher Gestalt begrenzten Figur *AFKB* die Scale der Geschwindigkeiten, oder Stromscale der Perpendikuläre *AB*. Ist die Linie *FGHIK* z. B. eine logarithmische, so heifst die Scale eine logarithmische Stromscale.

Wenn die Scale der Geschwindigkeiten bekannt ist, so kennt man ihren ganzen Inhalt oder Flächenraum, d. h. die Summe aller Geschwindigkeiten; diese sei = *s*, so ist *s* = einem Rectangel, dessen eine Seite = *t* die Perpendikuläre *AB*, Fig. 25., oder *a*, Fig. 9., ist, und wozu die andere (*v*) aus der Gleichung $s = tv$, nämlich = $\frac{s}{t}$ gefunden wird; das heifst: die mittlere Geschwindigkeit der Perpendikuläre *AB*, Fig. 25., = *v* wird gefunden, wenn man den Flächenraum der Stromscale mit der Perpendikuläre = *t* dividirt. Weil aber die Scale als aus Trapezien *AFGC*, *CGHD*, *DHIE*, *EIBK* bestehend, deren Höhen $AC = CD = DE = EK$ sind, angesehen werden kann, so wird der Inhalt = *s* durch $s = \left(\frac{AF}{2} + CG + DH + EI + \frac{BK}{2}\right).AC$ dargestellt. Die Zahl der Beobachtungen sei = *n*, so ist $AB = (n-1).AC$, und daher

$$v = \frac{\left[\left(\frac{AF + BK}{2}\right) + CG + DH + EI\right]}{n-1}, \text{ d. h.}$$

man muſs die halbe Summe der Geschwindigkeiten, die unmittelbar an der Oberfläche und am Boden gefunden sind, zu den übrigen Geschwindigkeiten addiren, und die ganze Summe mit der Zahl der Beobachtungen weniger 1 dividiren.

Je mehr Beobachtungen man in einer solchen Perpendikuläre anstellt, desto genauer wird die mittlere Geschwindigkeit gefunden.

63. Wenn aber die Geschwindigkeiten nicht unmittelbar in der Oberfläche und am Grunde beobachtet worden sind; so bezeichnen m, o, q, s die gleichweiten Punkte der beobachteten Geschwindigkeiten mn, op, qr und st: alsdann findet man den Inhalt der Stromscale

$$s = (mn + op + qr + st) \,.\, AC \text{ und } v = \frac{mn + op + qr + st}{n}, \text{ d. h.}$$

die gefundenen Geschwindigkeiten werden summirt, und mit der Zahl der Beobachtungen dividirt.

Dafs auch nach dieser Methode eine grofse Anzahl von Beobachtungen genommen werden müsse, liegt in der Natur der Sache.

64. Nach eben den Regeln, wonach die mittlere Geschwindigkeit in jeder Perpendikuläre sich findet, wird sie auch aus mehreren Perpendikulären a, b, c, d, e, f, g, h des ganzen Querschnitts, Fig. 9., gesucht.

Es sei Fig. 8. *AdefC* ein solches Profil, worin die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts $= V$ gefunden werden soll; so theile man die Breite der Oberfläche in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, z. B. in vier, als AD, DE, EF, FC. In der Mitte jedes dieser Theile stelle man in den Perpendikulären 11, 22, 33, 44, die Beobachtungen an, und suche die mittlere Geshwindigkeit jeder Perpendikuläre nach der No. 62. und 63. gegebenen Vorschrift. Gesetzt man fände sie der Ordnung nach α, β, γ, δ, so darf

α als die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Profil-Stücks $ADd = A$
β — — — — — — — — — $DEed = B$
γ — — — — — — — — — $EFfe = C$
δ — — — — — — — — — $FCf = D$

} angesehen werden, und es giebt alsdann

$\alpha A + \beta B + \gamma C + \delta D$ den Ausdruck der Wassermenge, welche der Strom in einer Secunde abführt. Setzt man diese $= M$, und den ganzen Flächeninhalt des Querschnitts $ABC = Q$, so ist die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts $= V = \frac{M}{Q}$.

Dieser Methoden haben sich die Herren Ximenes, Brünings und Woltmann bei ihren Messungen zuerst bedient.

65. Für die Ausübung ist nachstehende Gleichung, von dem Herrn Regierungs- und Baurath Bauer in Düsseldorff bekannt gemacht, ebenfalls sehr anwendbar.

In Fig. 26. stelle $ABCD$ ein Stück des Querschnitts, Fig. 9., vor, seine Breite AC sei $= l$, die Tiefe $AB = T$ und in $CD = t$; die dazu gehörige mittlere Geschwindigkeit der Perpendikuläre AB, $= v$ und der CD, $= \mathfrak{v}$, so läfst sich die in einer Secunde durch $ABCD$, Fig. 26., fliefsende Wassermenge durch den Körper $ABEFC$, Fig. 27., darstellen; wo nämlich $AC = l$, $AB = T$,

$CD = t$, die Geschwindigkeit $v = AE$ und die Geschwindigkeit $\mathfrak{v} = DF$. Zerlegt man diesen Körper vermittelst einer durch die Kanten AB, EF geführten Diagonalfläche in zwei schiefabgeschnittene dreiseitige Prismen, so ist — nach dem bekannten Satze: ein schiefabgeschnittenes dreiseitiges Prisma sei gleich dem Producte aus seiner Grundfläche in ein Drittel der Summe seiner, aus den gegenüberliegenden Ecken genommenen Höhen, — das eine Prisma $= \frac{lv}{2} \cdot \frac{2T+t}{3}$, und das andere $= \frac{l\mathfrak{v}}{2} \cdot \frac{2t+T}{3}$; mithin erhält man den körperlichen Inhalt des ganzen vierseitigen abgeschnittenen Prisma's, oder, was gleichgültig ist, die Wassermenge Q für dieses Profilstück durch

$$Q = \frac{l}{6} \cdot [v(2T+t) + \mathfrak{v}(2t+T)];$$

wonach also das ganze Profil stückweise berechnet werden kann.

66. Aus den Messungen, welche der berühmte Holländische Hydrotechniker Brünings zuerst im Rhein, in der Waal und in der Yssel hat anstellen lassen, dem späterhin mehrere Hydrotechniker mit ähnlichen Messungen gefolgt sind, und dessen Beobachtungen bestätiget haben, ergaben sich ganz allgemein, d. h. wie auch die Querschnitte beschaffen seyn mögen, und ohne Rücksicht, ob das Wasser frei abfliefst, oder unterhalb belegene Querschnitte die Bewegung des Wassers in den oberen Profilen verzögern, nachstehende Resultate.

In Bezug auf die Stromscale irgend einer Perpendikuläre im Querschnitt eines fliefsenden Gewässers:

a) In jeder Perpendikuläre ist die Scale der Geschwindigkeiten von der Oberfläche gegen den Boden durchgehends abnehmend;

b) die mittlere Geschwindigkeit einer jeden Perpendikuläre liegt beinahe in der Mitte zwischen der gröfsten und kleinsten, jedoch stets ein wenig näher dem Boden zu;

c) zwei richtige Beobachtungen in Punkten einer Perpendikuläre angestellt, deren Entfernungen sowohl von der Oberfläche abwärts, als nach dem Grundbett zu, in aller Schärfe bekannt sind, genügen.

In Bezug auf die generale Stromscale irgend eines Querschnitts, welche die Geschwindigkeit des Stroms in allen Schichten von der Oberfläche gegen den Boden zu ausdrückt:

d) Die generale Stromscale wird durch eine Curve dargestellt, deren Tangenten unterwärts immer mehr und mehr mit der Perpendikuläre convergiren, oder dieselbe unter gröfsern Winkeln schneiden;

e) in keinem Querschnitt irgend eines fliefsenden Gewässers ist die Geschwindigkeit in allen Punkten der Oberfläche gleich, sondern näher dem Ufer zu wird selbige jedesmal geringer, als in irgend einem Punkt zwischen beiden Ufern, gefunden;

f) die gröfste unter den Geschwindigkeiten der einzelnen Stromfäden in der Oberfläche (C) ist allemal gröfser als die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts (V);

g) die mittlere Geschwindigkeit in der Oberfläche $= U$ ist jedesmal gröfser als die mittlere Geschwindigkeit am Grundbett $= S$ eines und desselben Querschnitts.

67. Für

67. Für regelmäfsig gestaltete Querschnitte, Fig. 8. und 9., aus denen das Wasser ganz frei abfliefst, geben die von Herrn Brünings im Rhein, in der Waal und in der Yfsel angestellten Beobachtungen nachstehende Resultate:

No.	C	W	U	V	S	$\frac{W}{C}$	$\frac{V}{C}$	$\frac{S}{C}$	$\frac{U}{C}$	$\frac{V}{U}$	$\frac{S}{U}$
11	4,3958	3,2675	3,6276	3,4802	3,1445	0,7433	0,7917	0,7154	0,8255	0,9595	0,8670
12	4,9409	3,1891	4,2483	4,1551	3,0570	0,6455	0,8411	0,6188	0,8600	0,9771	0,7195
13	4,0333	2,1391	3,2377	2,9264	2,9110	0,5303	0,7247	0,7217	0,8027	0,9038	0,8991
14	4,8358	3,3441	4,0995	3,8553	2,6975	0,6915	0,7790	0,7971	0,8469	0,9406	0,6595
15	3,9060	3,4166	3,6500	3,5743	2,8441	0,8747	0,9150	0,7281	0,9344	0,9794	0,7792
16	5,7126	4,4533	4,8758	4,6960	3,5962	0,7795	0,8207	0,6296	0,8520	0,9632	0,7376
17	5,5650	2,6681	3,2625	2,9894	2,8890	0,4794	0,8161	0,7919	0,9151	0,8917	0,8555
18	4,5658	3,9085	4,1625	3,8815	2,9250	0,8560	0,8501	0,6406	0,9116	0,9325	0,7026
19	4,7300	3,8400	4,3621	4,1210	3,7428	0,8118	0,8712	0,7913	0,9222	0,9447	0,8582
20	4,8358	3,9058	4,3944	4,1405	3,2211	0,8077	0,8644	0,6660	0,9087	0,9513	0,7330
21	2,7450	2,4550	2,6146	2,4559	2,1970	0,8943	0,8943	0,8003	0,9525	0,9393	0,8402
22	4,4525	3,9050	4,0150	3,9043	3,6547	0,8771	0,8768	0,8208	0,9017	0,9724	0,9102
23	3,1083	2,9400	2,9900	2,9232	2,2960	0,9458	0,9404	0,7586	0,9619	0,9775	0,7679
24	3,7733	3,1800	3,4581	3,3124	2,8518	0,8427	0,7540	0,7540	0,9164	0,9578	0,8243
25	3,4933	2,8525	3,2867	3,1064	2,5025	0,8165	0,8893	0,7535	0,9409	0,9456	0,7796
26	4,1066	3,9791	4,0150	4,0597	2,9880	0,9691	0,9886	0,7277	0,9778	1,011	0,7442
Mittelwerthe aus 16 Beobachtungen						0,8007	0,8511	0,7297	0,9090	0,9530	0,7942
Die Dubuatschen Versuche, in einem Gerinne 17 Zoll breit und von höchstens 10 Zoll Wassertiefe angestellt, geben (alle Gröfsen in Zollen ausgedrückt):											
27	17,14	—	—	14,17	9,86	—	0,828	0,575	—	—	—
28	18,94	—	—	15,34	11,25	—	0,809	0,594	—	—	—
29	19,20	—	—	15,55	10,28	—	0,810	0,535	—	—	—
30	21,17	—	—	15,63	12	—	0,738	0,566	—	—	—
31	22,85	—	—	18,28	14,4	—	0,800	0,630	—	—	—
32	23,22	—	—	18,13	15	—	0,780	0,641	—	—	—
33	24	—	—	18,57	15,65	—	0,773	0,652	—	—	—
34	24	—	—	20,03	15,65	—	0,851	0,652	—	—	—
35	24	—	—	20,96	15,65	—	0,875	0,652	—	—	—
36	24,82	—	—	20,24	16,74	—	0,815	0,674	—	—	—
37	26,66	—	—	20,34	16,55	—	0,809	0,620	—	—	—
38	28,20	—	—	22,68	18,95	—	0,785	0,657	—	—	—
39	28,80	—	—	27,51	19,45	—	0,955	0,675	—	—	—
40	30	—	—	22,37	20,26	—	0,754	0,675	—	—	—
41	30	—	—	22,63	20,26	—	0,754	0,657	—	—	—
42	31,3	—	—	23,54	20,57	—	0,752	0,656	—	—	—
43	31,3	—	—	24,16	21,18	—	0,847	0,679	—	—	—
44	31,3	—	—	26,94	21,49	—	0,860	0,690	—	—	—
45	32,72	—	—	27,49	21,81	—	0,841	0,649	—	—	—
46	34,28	—	—	28,52	22,50	—	0,832	0,656	—	—	—
47	36	—	—	26,15	22,50	—	0,726	0,625	—	—	—
48	36	—	—	26,54	24,85	—	0,737	0,690	—	—	—
49	36	—	—	28,29	24,85	—	0,785	0,690	—	—	—
50	37,89	—	—	31,89	26,66	—	0,841	0,703	—	—	—
51	42,54	—	—	40,24	30	—	0,950	0,708	—	—	—
52	48	—	—	38,99	33,48	—	0,812	0,697	—	—	—
53	48	—	—	41	34,28	—	0,854	0,712	—	—	—
Die Mittelzahl aus 27 Beobachtungen ist							0,8127	0,6522			

Vergleicht man den Coefficienten $\frac{V}{C} = 0{,}8511 = \psi$, aus den Versuchen des Herrn Brünings abgeleitet, mit dem gleichnamigen aus dem Dubuatschen Versuche gefundenen Coefficienten $\frac{V}{C} = 0{,}8127 = \psi$, so ist die Uebereinstimmung der beiden Resultate bewundernswürdig.

Nicht minder beachtungswerth ist die Uebereinstimmung der Coefficienten $\frac{S}{C} = \varphi$.

Herr Brünings fand $\frac{S}{C} = 0{,}7297$,

Herr Dubuat — $\frac{S}{C} = 0{,}6572$.

Erwägt man, dafs bei den Versuchen des Letzteren nur Widerstände in Betracht kommen, die von der Cohäsion und Adhäsion des Wassers herrühren; dahingegen bei den Beobachtungen des Ersteren aufserdem noch örtliche Widerstände Einfluſs hatten, so ist die Uebereinstimmung beider Resultate sehr annähernd.

Nach Versuchen, die Ximenes auf dem Arno in mehreren Perpendikulären irgend eines Querschnitts angestellt hat, fand derselbe ebenfalls

$$\frac{S}{C} = 0{,}738 \quad \text{und} \quad \frac{V}{C} = 0{,}826,$$

Aus diesen höchst merkwürdigen Beobachtungen ziehe ich also, stets mit Rücksicht auf die Bedingungen, dafs die Querschnitte regulär sind, und das Wasser frei abfliefst, nachstehende Schlüsse:

a) $C : W = 1 : 0{,}8007$
b) $C : V = 1 : 0{,}85$
c) $C : S = 1 : 0{,}73$
d) $C : U = 1 : 0{,}91$

68. Sind die Querschnitte irgend eines fliefsenden Wassers nicht regelmäfsig gestaltet, wie Fig. 10., 11., 12., 13., und fliefst dabei das Wasser durch selbige frei ab; so ergeben die Beobachtungen:

a) dafs W drei und zwanzig und mehrmal kleiner als C seyn kann. Aber desungeachtet ist mir kein Versuch je bekannt geworden, wo $\frac{U}{C}$ kleiner als 0,5 gefunden worden wäre; es verhält sich daher in dem irregulärsten Querschnitt $C : U = 1 : 0{,}5$.

b) Weil in solchen irregulären Querschnitten die Geschwindigkeiten der Stromfäden in der Oberfläche, selbst beim freien Abfluſs des Wassers, sehr verschieden gefunden werden, so ergiebt sich das merkwürdige Resultat: dafs unter solchen Umständen V gröfser als U gefunden werden kann, und stets so gefunden werden mufs, wie nachstehende Darstellung überzeugend lehrt. Man vergleiche damit Fig. 10.

Geschwindigkeit des Wassers in den Punkten der Oberfl. Fuſs.	Mittlere Geschwindigkeit jeder Perpendikulaire. Fuſs.	Flächeninhalt. Quadratfuſs.	Wassermenge für jedes Profilſtück. Kubikfuſs.	Die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts. Fuſs.	Mittlere Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfl. Fuſs.	*Anmerkung.*
In $a = 3$	$\alpha = 2{,}7$	$ACB = 400$	1080			Für diesen Fall ist also $C = 3$, $U = 0{,}7\ C$, $V = 0{,}818\ C$, folglich $\frac{V}{C} = \psi = 0{,}818$
$c = 3$	$\beta = 2{,}7$	$CEDB = 700$	1890			
$e = 2$	$\gamma = 1{,}8$	$EGFD = 200$	360	2,454	2,1	$\frac{V}{U} = 1{,}159$
$g = 1{,}5$	$\delta = 0{,}95$	$GIHF = 100$	190			
$i = 1$	$\varepsilon = 0{,}75$	$IKH = 50$	38,5			
		1450 □ Fuſs.	3558,5 Kub F.			

Dieser Fall tritt aber allemal ein, wenn der Flächenraum *ABDECA* bedeutend gröſser, als der Flächenraum *EDFHKIE* eines und desselben Querschnitts ist.

Deshalb wird auch hieraus die Annahme (No. 57.) gerechtfertiget, daſs man das Gefälle des Wasserspiegels im Stromstrich bei physisch-mathematischen Untersuchungen in Betracht zu ziehen hat, weil durch das Profilstück *ABDECA* der gröſste Theil der Wassermenge des ganzen Querschnitts abflieſst.

Obgleich hier von den irregulärsten Profilgestalten die Rede ist, so verhält sich doch

c) $C : V = 1 : 0{,}7344$,

d) $C : S = 1 : 0{,}4300$.

e) Ferner, ergiebt sich aus dem Vortrage No. 67., und 68., welchen Einfluſs die Profilgestalten auf den Abfluſs des Wassers ausüben, weil sich verhält

für irregulärgestaltete Querschnitte	für regulärgestaltete Querschnitte	
$C : W = 1 : 0{,}0434$	$C : W = 1 : 0{,}8$	Man vergleiche hiemit No. 38.
$C : V = 1 : 0{,}7344$	$C : V = 1 : 0{,}85$	
$C : S = 1 : 0{,}4300$	$C : S = 1 : 0{,}73$	
$C : U = 1 : 0{,}5000$	$C : U = 1 : 0{,}91$	

f) Und eben deshalb, weil die Profilgestalten auf den Coefficienten $\frac{V}{C} = \psi$ den geringsten Einfluſs ausüben, so ist es zweckmäſsig [und noch aus andern Gründen, die unter No. 70. vorkommen], alle Verhältnisse, die sich zwischen *W*, *U*, *V* und *S* ergeben, von *C* abhängen zu lassen.

h) Endlich folgt aus diesen Beobachtungen, daſs, so lange das Wasser durch irgend einen Querschnitt frei abflieſst, niemals $S = 0$ werden kann; sondern daſs das Wasser jedesmal bis auf den Boden strömt, wie es auch naturgemäſs ist Auch hat aus diesem Grunde die generale Stromscale *ACFG*, Fig. 28., des ganzen Querschnitts, mit

der Stromscale $ABEG$ für die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts, zwei Abmessungen, nämlich die Wassertiefe AG, und gleichen Flächeninhalt gemein.

69. Ganz anders verhält es sich, wenn die Bewegung des Wassers von irgend einem unterhalb belegenen verengten Querschnitt abhängt; dies hat nicht allein auf die Werthe von C, W, U, V und S, sondern auch auf die Wassertiefe einen sehr wesentlichen Einfluſs. Denn unter gewissen Umständen kann nicht allein in einem Querschnitt $S = 0$ werden, sondern zwischen dem Grundbett und dem Punkt, wo die Geschwindigkeit des Wassers $= 0$ wird, kann sich ruhendes Wasser befinden, so daſs also die Wassertiefe der generalen Stromscale ACE, Fig. 29., nur $AE = t$ gefunden wird, statt daſs die mittlere Wassertiefe für die Stromscale $ABFG$ der mittleren Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts $= AG = T$ ist.

In diesem Fall haben beide Stromscalen $ACE = ABFG$ nur den Flächeninhalt, also nur eine Abmessung gemein.

Es erhellt also aus diesem Vortrage augenfällig, daſs schlechterdings die Curve bekannt seyn muſs, um das gegenseitige Verhalten zwischen C, W, U, V und S zu ermitteln.

70. Ehe wir uns aber auf diese Untersuchung einlassen, ist es nothwendig, im Allgemeinen das Verhältniſs festzustellen, oder wenigstens anzudeuten, wie unter allen Umständen C und V von einander abhangen müssen; ganz besonders, wenn die Bewegung des Wassers in einem oberhalb belegenen Querschnitt Q von einem unterhalb belegenen Querschnitt q in der Voraussetzung bedingt wird, daſs das Wasser im Beharrungszustande sei.

Da dies gegenseitige Verhalten jetzt noch nicht vollständig ausgemittelt werden kann, ohne die Ordnung, in welcher diese Gegenstände vorgetragen werden müssen, zu unterbrechen; so wird nachstehende Erklärung vorläufig genügen. Heiſst Q derjenige Querschnitt, worin das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C und V (deren Bedeutung bereits bekannt ist) gesucht werden soll; die Wassermenge, welche durch diesen Querschnitt frei abflieſsen würde, $= M = 0{,}85\ CQ$; die durch den unterhalb belegenen Querschnitt q wirklich abflieſsende Wassermenge $= m = 0{,}85\ \mathfrak{v}q$, die wirkliche Geschwindigkeit eines Fadens des Stromstriches in der Oberfläche $= \mathfrak{v}$ gesetzt, so ist

$$0{,}85\ \mathfrak{v}q = 0{,}85\ CQ, \text{ daher } \psi = \frac{V}{C} = \frac{\mathfrak{v}q}{CQ} = \frac{m}{M}.$$

Je gröſser M ist, desto kleiner wird ψ. In der Beobachtung No. 794. ist $C = 3{,}416$, $V = 0{,}28268$ Zoll, $m = 8100$ und $M = 97882$ Kubikzoll, also $\psi = 0{,}082727$. Vergleicht man damit die in No. 67. und No. 68. gefundenen Verhältnisse für ψ, wo das Wasser durch jeden Querschnitt frei abfloſs; so wird man den ungemein groſsen Unterschied gewahr, der zwischen beschleunigtem oder gleichförmig bewegtem, und verträgtem Wasser statt findet.

Auch folgt aus diesem Vortrage die Nothwendigkeit, denjenigen Faden in der Oberfläche der Stromrinne zu kennen, welcher die gröſste Geschwindigkeit hat. Selbige ist sehr leicht mittelst eines schwimmenden Stabes während der Zeit zu bestimmen, binnen welcher die Querschnitte aufgenommen und die nivellitischen Messungen veranstaltet werden.

Velsen und mehrere andere Holländische Hydrotechniker haben sich zwar bemüht, C durch Rechnung, und zwar durch die Proportion, zu bestimmen, dafs die Geschwindigkeiten der Ströme in der Oberfläche den Quadratwurzeln ihres Gefälles proportional sind; allein ihre Bemühungen haben deshalb kein richtiges Resultat geben können, weil sie nicht auf den Flächeninhalt des Querschnitts und dessen Umfang, noch auf die unterhalb liegenden verengenden Querschnitte Rücksicht genommen haben, von denen doch die Bewegung des Wassers in den oberhalb belegenen Querschnitten, wie schon mehrmal erwähnt, abhängt.

71. Nimmt man an, dafs nicht allein die Stromscale irgend einer Perpendikuläre, sondern auch die generale Stromscale des ganzen Querschnitts irgend eines fliefsendes Gewässers mit einer logarithmischen Linie $BGCL$, Fig. 30., begrenzt werde, und heifst die Wassertiefe $AD = EI = T$, $EH = HI = \frac{1}{2}T = b$, $AB = BE = C$, $FG = f$, $GH = a$, $CI = d$, $DC = S$, und die mittlere Geschwindigkeit der ganzen Stromscale, wie bisher, $= V$, so ist

der ganze Flächeninhalt $AEID = \mathfrak{Q} = 4bC = 2TC$,

Flächeninhalt $ABCD = \mathfrak{S} = TV = 2bV$.

Nach Hrn. Eytelwein's Handbuch der Statik fester Körper, III. Band, Berlin, 1808, S. 62. ist sodann, den Flächeninhalt $BEIC = \mathfrak{F}$ gesetzt,

$$\mathfrak{F} = \frac{b(d-C)}{\log.n.a - \log.n.C}, \text{ daher } \mathfrak{S} = \mathfrak{Q} - \mathfrak{F} = TV = 2bV = 4bC - \frac{b(d-C)}{\log.n.a - \log.n.C}.$$

72. Den Eigenschaften der logarithmischen Linie gemäfs ist, wenn x, Fig. 30., $EM = ab$ bedeutet, $LM = k = C\left(\frac{a}{C}\right)^n$, oder $k = C\left(\frac{a}{C}\right)^{\frac{x}{b}}$, daher $n = \frac{x}{b} = \frac{\log.n.k - \log.n.C}{\log.n.a - \log.n.C}$.

Wenn also in irgend einer Stromscale zwei Beobachtungen V und a angestellt sind, und nicht allein $EH = b$, sondern auch die ganze Wassertiefe $AD = T$ bekannt ist; so ist $n = \frac{T}{b}$, und daher $d = C\left(\frac{a}{C}\right)^{\frac{b}{T}}$, oder umgekehrt:

Sind die drei Geschwindigkeiten zu C, a, d und b bekannt, so ist $n = \frac{\log.n.d - \log.n.C}{\log.n.a - \log.n.C}$, und daher $x = nb$. Auch ist $C = \sqrt[n-1]{\frac{a^n}{d}}$.

73. Ist die Geschwindigkeit an der Oberfläche, Fig. 33., $BE = C$ und die Geschwindigkeit $DC = S$ am Grundbett bekannt; und $EH = HI = b$, so ist $GH = a = \sqrt{Cd}$. Nun ist aber auch $CI = d = 2C - S$ und $FG = f = 2C - a$, daher $FG = f = 2C - \sqrt{C(2C-S)}$; das heifst: in jeder logarithmischen Stromscale irgend einer Perpendikuläre ist die Geschwindigkeit, welche gerade in die Mitte derselben trifft, oder, Fig. 33., $FG = f = 2C - \sqrt{C(2C-S)}$. Daraus folgt: dafs jedesmal für die Tiefe AD der Werth von $S = 0$ werden mufs, wenn $f = (2 - \sqrt{2})C = 0{,}5858\,C$ ist. Die Stromscale erhält also

dann die Gestalt ABD, Fig. 31. Wäre die Linie, welche die Stromscale begrenzt, gerade, so fände man $f = 0{,}5\,C$; wäre aber die Stromscale eine halbe Parabel, $f = 0{,}707\,C$. Die Abweichung dieser Stromscalen von der logarithmischen läfst sich nach diesem Verhältnifs beurtheilen; woraus sich denn ergiebt, dafs die logarithmische Stromscale wenig von der, die mit einer geraden Linie begrenzt ist, abweicht.

74. Die mittlere Geschwindigkeit jeder Stromscale irgend einer Perpendikuläre (vorausgesetzt, dafs, Fig. 33, $EH = HI = b$) ist $V = \frac{\mathfrak{Q} - \mathfrak{F}}{T} = \frac{4bC}{T} - \frac{b(d-C)}{T(\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C)}$.

Nun ist aber $d = 2C - S$, also $d - C = C - S$; ferner $b = \frac{1}{2}T$, folglich ist

$$V = 2C - \frac{C - S}{2(\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C)}.$$

Für $S = 0$ ist $V = C\left[2 - \frac{1}{2(\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C)}\right]$.

Also ist die mittlere Geschwindigkeit der Stromscale irgend einer Perpendikuläre, in der die Geschwindigkeit am Grundbett $= 0$ ist, $V = 0{,}5465\,C$; woraus beurtheilt werden kann, um wieviel V von f abweicht, nämlich $V : f = 0{,}5465\,C : 0{,}5858\,C$.

75. Ist die Stromscale irgend einer Perpendikuläre so wie Fig. 32. gestaltet, nämlich, dafs sich zwischen D und L ruhendes Wasser befindet (S. No. 69.), so ist die mittlere Geschwindigkeit nur alsdann zu finden, wenn aufser C, a, d, auch T und b gegeben sind. Setzt man $\frac{d-C}{(\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C)} = \mathfrak{B}$, so ist $\mathfrak{S} = TV = 4bC - b\mathfrak{B}$, daher

$$V = \frac{4bC - b\mathfrak{B}}{T} = \frac{4bC}{T} - \frac{b(d-C)}{(\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C)\,T}.$$

76. Wird aber gefragt:

Wie grofs mufs, Fig. 32., $EI = t = 2b$ seyn, damit der Flächeninhalt $ABD = ACKL$ werde;

so mufs $\mathfrak{S} = TV$ gegeben seyn, woraus sich $b = \frac{1}{2}t = \frac{TV}{4C - \mathfrak{B}}$, oder

$$t = \frac{2TV}{4C - \mathfrak{B}} = \frac{2TV}{\left(4C - \frac{d-C}{\log.\text{n}.a - \log.\text{n}.C}\right)} \text{ ergiebt.}$$

Daraus folgt (wie auch schon No. 69. angedeutet ist):

dafs wenn das Wasser im Querschnitt Q nicht frei abfliefsen kann, sondern durch irgend einen Querschnitt q verträgt wird, jedesmal $\mathfrak{S} = TV$ bekannt seyn mufs, um das gegenseitige Verhalten von C, S und V zu bestimmen.

77. Soll die Geschwindigkeit $DC = S$, Fig. 33., am Grundbett gefunden werden, und ist $\mathfrak{S} = VT$, C und T bekannt, so ist $\mathfrak{Q} = 2CT$, daher $\mathfrak{Q} - \mathfrak{S} = \mathfrak{F}$, und überhaupt $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{F}$ bekannt. Es kömmt hier also blofs auf Lösung folgender Aufgabe an:

Aus dem bekannten Flächeninhalt $\mathfrak{F}$, der Wassertiefe T und C, die beiden Ordinaten $CI = d$ und $GH = a$ zu finden:

Wir haben zu dem Ende $\mathfrak{F} = \frac{b(d - C)}{\log.n.a - \log.n.C}$: da nun $GH = a$ und $a^2 = ql$ ist; so ist auch

$$\mathfrak{F} = \frac{b(d - C)}{\frac{1}{2}\log.n.d - \frac{1}{2}\log.n.C} = \frac{2b(d - C)}{\log.n.d - \log.n.C} = \frac{T(d - C)}{\log.n.d - \log.n.C}, \text{ also}$$

$$\log.n.d - \frac{T}{\mathfrak{F}}.d - \log.n.C - \frac{T}{\mathfrak{F}}C = 0.$$

Setzt man nun $\frac{T}{\mathfrak{F}} = A$ und $\log n.\ C - \frac{T}{\mathfrak{F}}C = B$, so erhält man die transcendentische Gleichung $\log.n.\ d - Ad + B = 0$, die mehrere Arten der Auflösung zuläfst.

Ist d sehr wenig von 1 unterschieden, so genügt die Reihe

$$\log.n.d = d - 1 + \tfrac{1}{2}(d - 1)^2 + \tfrac{1}{3}(d - 1)^3,$$

indem man die höheren Potenzen von $(d - 1)$ vernachläfsiget, und also $\log n.\ d = d - 1$ setzt. Dies giebt $d - 1 - Ad = B$, $d(1 - A) = B + 1$, folglich $d = \frac{B + 1}{1 - A}$.

In den allermehrsten Fällen der Ausübung kann man aber von dieser Reihe unmittelbar keinen Gebrauch machen; sondern man mufs, nachdem man vorläufig durch Proberechnungen den nächsten Werth von d in ganzen Zahlen aufgefunden hat, den ergänzenden Theil, der dann nur noch ein ächter Bruch ist, aus der demgemäfs umgeformten Reihe nach und nach näherungsweise zu bestimmen suchen, welches ein ziemlich weitläuftiges Verfahren veranlafst. In dieser Hinsicht ist es im Allgemeinen gerathener, sich einer Annäherungsmethode zu bedienen, welche sich auf den Kunstgriff, statt der natürlichen die gemeinen Logarithmen einzuführen, gründet, und die ich in No. 87. ganz ausführlich an einem Beispiel erläutern werde.

79. Es kommt nun darauf an zu zeigen, dafs die logarithmische Stromscale mit allen bis jetzt bekannten Versuchen am besten übereinstimmt.

Die Brüningsschen Versuche, welche im Rhein, in der Waal und Yfsel angestellt sind, eignen sich dazu am besten. Jedoch halte ich es für nöthig, vorher noch etwas über selbige zu sagen.

In mehreren Perpendikulären nehmen die Geschwindigkeiten von der Oberfläche nach dem Boden zu nicht durchgehends ab, sondern sie sind oft einige Fufs unter der Oberfläche bedeutend gröfser. Meines Erachtens ist diese Erscheinung entweder den Unvollkommenheiten des Tachometers [dessen Resultate vom Stofs des Wassers auf die Platte abhängen], oder der Vorrichtung zuzuschreiben, welche zu den hydrometrischen Versuchen erforderlich war. Nämlich: man bediente sich dazu zweier Schiffe, zwischen welchen das Instrument eingetaucht wurde. Dies Urtheil wird auch durch die Verschiedenheit der Resultate begründet, die sich zwischen den Resultaten des Tachometers und den durch schwimmende Körper gefundenen ergaben.

Geschwindigkeit durch schwimmende Körper.	Geschwindigkeit nach dem Tachometer.	
46,08 —	41,34	Die Abweichung ist daher nach einer arithmetischen Mittelzahl wie 46,69 : 40,9 = 1,141 : 1 und beträgt also über $\frac{1}{9}$.
46,87 —	41,98	
46,83 —	39,63	
47,78 —	40,73	
46,08 —	40,37	
46,08 —	40,37	
46,87 —	40,37	
47,78 —	41,96	
46,87 —	42,77	
46,08 —	40	
46,08 / 46,87 —	40,90	

Dagegen habe ich mit dem Woltmannschen Flügel, der von gar keiner Theorie des Stofses abhängig ist [S. Denkschriften der Berliner Akademie der Wissenschaften, aus den Jahren 1816, 1817, Hrn. Eytelwein's Abhandlung über diesen Gegenstand], sehr viele Beobachtungen anstellen lassen, und durchgehends eine stete Abnahme der Geschwindigkeiten von der Oberfläche nach dem Boden zu erhalten. Gleiche Resultate fand Herr Ximenes. Ich sehe daher diese kleinen Abweichungen von meinen sehr sorgfältig angestellten Beobachtungen (wovon ich weiter unten Rechenschaft geben werde) als Folgen der Unvollkommenheit des Instruments oder der Vorrichtung an; halte mich von der stetigen Abnahme der Geschwindigkeiten, von der Oberfläche nach dem Boden zu, überzeugt, und gehe nun zur Vergleichung der Versuche mit der logarithmischen Stromscale über.

Da sich Herr Woltmann [S. den III. Band seiner hydraulischen Beyträge, S. 350. bis 361.] die Mühe gegeben hat, den Brüningsschen Versuchen eine Rubrik (III.) hinzuzufügen, welche die mittlere Geschwindigkeit in allen horizontalen Schichten von Fufs zu Fufs enthält, also die generale Stromscale des ganzen Querschnitts darstellt; so wähle ich selbige zur Vereinfachung um so lieber, indem ich jedoch noch bemerke, dafs nach dem Verfahren, wonach Herr Brünings die Wassermenge (M) und mittlere Geschwindigkeit (V) gefunden hat, letztere nur durch die Gleichung $f = 2C - V[C(2C - S)]$ (No. 73.) erlangt werden kann; statt selbige nach einem genaueren Verfahren (S. No. 64. und No. 65.) durch $V = 2C - \frac{C - S}{2(\log. n. a - \log. n. C)}$ (S. No. 74.) hätte dargestellt werden müssen.

54ste Beobachtung. Im unvertheilten Niederrhein. *D* 1789.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung.
1	52,346	
2	51,438	
3	50,382	
4	50,014	
5	50,312	
6	49,304	
7	50,577	49,594
8	51,140	
9	49,850	
10	49,357	
11	48,443	
12	47,143	
13	44,983	
14	46,080	
Mittel	49,386	
Brün.	49,452	

55. Beobachtung. In der neuen Yssel-mündung. *E* 1789.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung
1	48,180	
2	48,473	
3	48,923	
4	46,637	
5	47,380	
6	48,380	45,92
7	46,370	
8	45,457	
9	44,723	
10	43,556	
Mittel	46,809	
Brün.	46,851	

56. Beobachtung. Im vertheilten Niederrhein. *F* 1789.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung.
1	51,137	
2	51,325	
3	51,082	
4	50,102	
5	49,335	
6	48,187	
7	48,187	48,288
8	47,587	
9	47,670	
10	47,377	
11	47,950	
12	46,915	
13	45,280	
Mittel	48,556	
Brün.	48,717	

57. Beobachtung. In der Waal. *B* 1790.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung
1	38,897	
2	37,952	
3	37,509	
4	37,251	
5	36,854	
6	36,276	
7	39,473	
8	38,672	36,589
9	39,834	
10	38,830	
11	37,752	
12	35,026	
13	34,352	
14	33,630	
15	34,143	
Mittel	37,097	
Brün.	35,117	

58. Beobachtung. Im Pannerdenschen Kanal. *C* 1790.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung.
1	46,056	
2	46,516	
3	45,566	
4	43,574	
5	43,214	39,530
6	41,000	
7	38,996	
8	36,787	
9	32,080	
Mittel	41,532	
Brün.	42,892	

59. Beobachtung. Im unvertheilten Niederrhein. *D* 1790.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung
1	39,603	
2	38,479	
3	38,366	
4	37,497	
5	36,667	35,977
6	35,387	
7	33,650	
8	32,252	
9	31,022	
10	32,020	
Mittel	35,494	
Brün.	35,873	

60. Beobachtung. In der Yssel. *E* 1790.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung.
1	30,580	
2	29,495	
3	27,960	28,541
4	26,365	
Mittel	28,600	
Brün.	29,471	

61. Beobachtung. Im vertheilten Niederrhein. *F* 1790.

Wassertiefe.	Nach der Erfahrung.	Nach Berechnung.
1	39,855	
2	39,948	
3	38,818	
4	37,942	36,08
5	36,267	
6	33,988	
7	31,947	
Mittel	36,971	
Brün.	37,276	

Resultate der acht hydrometrischen Messungen.

	Nach der Erfahrung.	Nach der Woltmannschen Methode.	Nach dem Brüningsschen Verfahren.	Nach der logarithmischen Stromscale.
54	49,386	49,452	49,594	
55	46,809	46,851	45,920	
56	48,556	48,717	48,288	
57	37,097	35,117	36,589	
58	41,532	42,892	39,530	
59	35,494	35,873	35,977	
60	28,600	29,471	28,541	
61	36,971	37,276	36,080	

62. *Beobachtung.*

Hydrometrische Messungen im Oberrhein. *A* 1790.

Wassertiefe.	Geschwindigkeiten nach der Erfahrung.	Nach der logarithmischen Stromscale berechnet.
1	44,217	44,217
2	43,889	44,006
3	43,279	43,789
4	42,960	43,564
5	41,577	43,338
6	41,254	43,113
7	41,706	42,888
8	43,876	42,664
9	43,990	42,434
10	45,350	42,202
11	43,237	41,974
12	41,227	41,744
13	43,040	41,506
14	43,630	41,272
15	41,040	41,040
	42,971	42,664
Brünings	41,763	

63. *Beobachtung.*

Nachstehende höchst merkwürdige hydrometrische Messungen hat der Herr Conducteur Zimmermann mit dem Woltmannschen Flügel in der Saale, im Jahr 1818, im Querschnitt No. 210., Fig. 1., oder in der Beobachtung No. 361. angestellt.

Tiefe unter der Oberfläche.	1ste Perp.	2te Perp.	3te Perp.	4te Perp.	5te Perp.
0,6667 Fuſs	—	1,5	1,375	1,4375	1,3125
5,6667 —	—	—	—	1,0625	1,1250
10,6667 —	—	—	—	0,5625	0,8750
In der Mitte	1,2833	—	0,9375	—	—
15,666 Fuſs	—	—	—	0,0625	0,7333
17,500 —	—	—	—	0,0000	—
18 —	—	—	—	—	0,4375
8 Zoll über dem Grund . . .	—	1,3125	0,125	0,000	0,2500
Wassertiefe .	1/7	2/9	8/6	20	22,5
MittlereGeschwindigkeit jeder Perpendikulare .	1,2833	1,409	0,8502	0,8420	0,79041
Flächeninhalt jedes Profilstücks in □fuſs , .	125	170	366	414	509

Die ganze Wassermenge $M = 1462$ Kubikf., die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $= V = 0,92293$, $\psi = \frac{V}{C} = 0,61532$, $\varphi = \frac{\delta}{C} = 0,39606$, $U = 1,40625$.

Vergleicht man die 3te, 4te und 5te Perpendikulaire mit der logarithmischen Stromscale, so erhält man nachstehende Resultate:

Tiefe unter der Oberfläche des Wassers.	Dritte Perpend.		Vierte Perpend.		Fünfte Perpend.	
	Erfahrung.	Berechnung.	Erfahrung.	Berechnung.	Erfahrung.	Berechnung.
0,666	1,375	1,3750	—	—	—	—
4,333	0,9375	0,8501	—	—	—	—
8	0,125	0,1250	—	—	—	—
0,6667	—	—	1,4375	1,4375	—	—
5,6667	—	—	1,0625	1,0710	—	—
10,6667	—	—	0,5625	0,6340	—	—
15,6667	—	—	0,0625	0,0625	—	—
17,5000	—	—	0,0000	0,0000	—	—
0,6667	—	—	—	—	1,3125	1,3125
5,6667	—	—	—	—	1,1250	1,1053
10,6667	—	—	—	—	0,8750	0,8615
15,6667	—	—	—	—	0,7333	0,5790
18,0000	—	—	—	—	0,4375	0,3873
21,8334	—	—	—	—	0,2500	0,2500

Meines Erachtens lehren vorstehende Beobachtungen, besonders der 63ste Versuch, dafs die logarithmische Stromscale der Erfahrung auf's befriedigendste entspricht.

80. Zu den beachtungswerthesten Versuchen gehören ganz unstreitig auch diejenigen, welche Herr Hageau angestellt hat, und die ich unter Beobachtung No. 794. bis No. 799. sehr ausführlich beschrieben habe; wenn das Wasser in irgend einem Querschnitt Q nicht frei abfliefsen kann, sondern durch irgend einen unterhalb belegenen verengenden Querschnitt q verträgt wird. Z. B. in der 794sten Beobachtung fand man, mit Rücksicht auf No. 76. und Fig. 32, $AB = BE = 3{,}416$ Zoll, $AL = CK = 62{,}027$, $V = 0{,}28268$, $\mathfrak{S} = VT = 17{,}545$ □zoll, $DI = 6{,}832$, $GH = 4{,}831$: also ist $\mathfrak{B} = \frac{d - C}{\log.\text{n.}\, a - \log.\text{n.}\, C} = \frac{3{,}416}{0{,}3466} = 9{,}856$. Ferner ist $4C = 13{,}664$, daher $\frac{17{,}545}{3{,}808} = 4{,}6074 = b$ und $t = 2b = 9{,}2148$ Zoll, d. h. 9,2148 Zoll unter der Oberfläche des Wassers war schon die Geschwindigkeit = 0, also in einer Tiefe von 52,8122 Zoll unter diesem Punkt völlig ruhendes Wasser.

81. Ich habe jetzt noch zu zeigen, wie in der transcendenten Gleichung $\log.\text{n.}\, d - Ad - B = 0$ (S. No. 77.) bei bekannten Werthen von $\mathfrak{F} = VT$, T und C, die Ordinaten d und demnächst a leicht und sehr genau gefunden werden können. Z. B. In der 11ten Beobachtung ist $C = 4{,}3958$, $T = 9{,}458$, $\mathfrak{F} = 50{,}235$ □fufs [nämlich es ist $2CT = 83{,}145$ □fufs $= \mathfrak{Q}$; und $VT = 32{,}915 = \mathfrak{S}$; daher $\mathfrak{Q} - \mathfrak{S} = \mathfrak{F} = 50{,}235$ □fufs]. Nun ist $\frac{T}{\mathfrak{F}} = 0{,}188275$, $\log.\text{n.}\, C - \frac{T}{\mathfrak{F}} C = 0{,}653029$; daher $\log.\text{n.}\, d - 0{,}188275 \cdot d - 0{,}653029 = 0$.

Da die natürlichen Logarithmen nicht die Eigenschaft haben, dafs ihre Mantissen, oder vielmehr Bruchtheile, für Zahlen, die sich blofs durch die Stelle des Einerzeichens unterscheiden, unveränderlich bleiben; so würde es, ohne die schon oben erwähnte vorgängige Umstaltung in eine unendliche Reihe, fast unthunlich seyn, aus jener Gleichung die Decimalstellen von d durch Näherung nacheinander aufzufinden. Die Auflösung geschieht aber beinahe durch blofses Ablesen aus den gemeinen logarithmischen Tafeln, wenn man sich des Vortheils, statt der natürlichen Logarithmen die gemeinen einzuführen, bedient, und sich hierauf von dem Coefficienten des mit d behafteten Gliedes einen Tarif entwirft. Zu dem Ende multiplicire ich den Coefficienten A und das völlig bekannte Glied B durch den gehörigen Modul; so geht das logarithmische Glied der Gleichung in das gemeine System über; nämlich:

$$\begin{array}{rl} & \log.\ 0{,}188275 = 0{,}2747929 - 1 \\ \log.\ M. = & \log.\ 0{,}4342945 = 0{,}6377843 - 1 \\ \hline & \text{num. log.} = 0{,}9125772 - 2 = 0{,}08176684 \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} & \log.\ 0{,}653029 = 0{,}8149324 - 1 \\ \log.\ M. = & \log.\ 0{,}4342945 = 0{,}6377843 - 1 \\ \hline & \text{num. log.} = 0{,}4527167 - 1 = 0{,}2836068 \end{array}$$

$$\log.\, d - 0{,}08176684\, d - 0{,}2836068 = 0.$$

Tarif.	
1.	0,08176684
2.	0,16353368
3.	0,24530052
4.	0,32706736
5.	0,40883420
6.	0,49060104
7.	0,57236788
8.	0,65413472
9.	0,73590156

Der Coefficient von d giebt nun nebenstehenden Multiplicationstarif, welcher nicht allein das zweite Glied für $d = 1, 2, 3, 4$ u. s. w., sondern auch die Producte des Coefficienten in die Decimaltheile von d liefert, wenn man die Sätze desselben durch 10, 100, 1000 u. s. w. theilt. Setzt man daher diese nach und nach zu dem beständigen Gliede B hinzu, und vergleicht mit der Summe die entsprechenden Logarithmen von d in den Tafeln, so findet sich folgende Zusammenstellung:

Letztes Glied der Gleichung $= 0,2836068$
Coefficient des zweiten Gliedes $\times 6 = 0,4906010$ } addirt
(Nach dem Tarif.)

$0,7742078 < \log. 6$

$\ldots\ldots\ldots\ldots \times 0,3 = 0,0245301$

$0,7987379 < \log. 6,3$

$\ldots\ldots\ldots\ldots \times 0,04 = 0,0032707$

$0,8020086 < \log. 6,34$

$\ldots\ldots\ldots\ldots \times 0,006 = 0,0004906$

$0,8024992 < \log. 6,346$

$\ldots\ldots\ldots\ldots \times 0,0001 = 0,0000081$

$0,8025073 < \log. 6,3461$

Hätte man statt der obigen Factoren: 6; 0,3; 0,04; 0,006; 0,0001 nach der Reihe die Factoren: 7; 0,4; 0,05; 0,007; 0,0002 gesetzt, und die aus ihnen entstehenden Vielfachen des Tarifs genommen, so würden diese, gehörigen Orts hinzugefügt, Summen gegeben haben, die folgeweise gröfser als log. 7; log. 6,4; log. 6,35; log. 6,347; log. 6,3462 gewesen wären; mithin ist $d >$ 6,3461 und $<$ 6,3462, und sonach d, genau bis auf vier Decimalbruchstellen, $= 6,3461$; also $a = \sqrt{dC} = 5,2815$.

Anmerk. Die behandelte Gleichung hat, wie alle derselben Art, aufser der gefundenen Wurzel noch eine zweite mögliche, die aber, wie zu Folge des Ursprungs der Gleichung sofort einleuchtet, nichts anders als der bei ihrer Entwerfung zum Grunde gelegte Werth von C seyn kann: dieser Umstand ist nicht zu übersehn, weil man sonst, auf dem gezeigten Wege zuerst auf die letztere Wurzel geführt, gar leicht in eine unnütze Rechnung hineingerathen kann.

Hiernach haben wir daher endlich $2G - d = S = 2,4455$ Fufs; wohl gemerkt, für eine Scale, wo die gröfste Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts in der Oberfläche $= C$ angenommen ist.

Wird aber nach der wirklichen mittleren Geschwindigkeit des Wassers am Grundbett $= S$ gefragt; so darf nicht (C), sondern es mufs (U) in Rechnung genommen werden; alsdann ist: $U = 3,627$; $2UT = 68,608$; $TV = 32,9151$; $S = 35,693$ □fufs. Daher $A = 0,26498$, $B = 0,3273$,

und die transcendente Gleichung log. $d - 0{,}1136$, $d - 0{,}14788 = 0$; daraus wird $d = 4$, $S = 3{,}254$ und $a = 3{,}809$ gefunden. Die Erfahrung gab $S = 3{,}145$; was also sehr gut mit $S = 3{,}254$ übereinstimmt.

Zusatz.

Jetzt ist man im Stande, hinreichende und überzeugende Rechenschaft von dem gegenseitigen Verhalten der Geschwindigkeiten C, V und S zu geben, wenn das Wasser beschleuniget wird. Man stelle sich ein gleichförmig und frei abfliefsendes Gewässer *NOPS*, Fig. 48., vor; so verhält sich $C : V = 1 : 0{,}85$ und $C : S = 1 : 0{,}7297$. Im Längenprofil, Fig. 50., ist alsdann *ba* der Wasserspiegel, *cd* das unvertiefbare Grundbett, und die generale Stromscale des ganzen Querschnitts $\alpha\beta\xi\delta$, Fig. 49.

Man verenge nun den Querschnitt *BM*, Fig. 48., dergestalt, dafs nur die Oeffnung *DK* bleibt; so wird eine Contraction des Wassers in der Abflufsöffnung *FH*, ein Aufstau *bd*, Fig. 50., oberhalb, und eine Senkung *pef*, Fig. 50., unterhalb derselben entstehen (S. No. 60.): die Stromscale Fig. 49. gestaltet sich nun wie $\alpha\varepsilon\gamma\eta$ zeigt, und es verhält sich daher $C : V = 1 : \alpha$ (wenn α den Contractionscoefficienten bezeichnet).

Man verenge die Abflufsöffnung noch mehr, so dafs sie nur *FH*, Fig. 48., bleibt, so wird *bg*, Fig. 50., die neue Druck- oder Stauhöhe; *pha*, Fig. 50., die neue Senkung, und $\alpha\varepsilon\varkappa\lambda$, Fig. 49., die generale Stromscale des verengten Querschnitts darstellen, und sich $C : V = 1 : \alpha'$ verhalten. Dabei ist jetzt der Unterschied des Gefälles zwischen dem gleichförmig fliefsenden und beschleunigten Wasser *oh* — *ml*.

Angenommen, es sei $\alpha' = 0{,}62$, so verhält sich $C : V = 1 : 0{,}62$, also für $C = 12$ ist $V = 7{,}44$, und für die Wassertiefe $T = 10$ wird $TV = \mathfrak{G} = 74{,}4$ □fufs, $\Omega = 2CT = 240$ □fufs, mithin $\mathfrak{F} = 165{,}6$ □fufs.

Nach dem eben gelehrten Verfahren ist also log. n. $d - 0{,}06038647 \,.\, d - 1{,}760268 = 0$, oder in gemeinen Logarithmen, log. $d - 0{,}02622551 \,.\, d - 0{,}7644747 \} = 0$.

Tarif.		
1.	0,02622551	
2.	0,05245102	20 . 0,5245102
		1,2889849
3.	0,07867653	2 . 0,0524510
		1,3414359
4.	0,10490204	0,1 . 0,0026226
		1,3440585
5.	0,13112755	0,05 . 0,0013113
		1,3453698
6.	0,15735306	0,0006 . 0,0000157
		1,3453865
7.	0,18357857	0,00002 . 0,0 00003
		1,3453868
8.	0,20980408	
9.	0,23602959	

Also ist $d = 22{,}15061$, $a = 16{,}304$, $S = 1{,}8493$. Es verhält sich daher $C : S = 12 : 1{,}8493 = 1 : 0{,}15411$. Aus diesem Vortrage ergiebt sich unbezweifelt das Verhältniß, wie C und S von V abhangen, wenn das Wasser beschleuniget wird und Contraction erleidet; und daſs nie und unter keinen Umständen das Wasser am Grundbett eine gröſsere Geschwindigkeit als an der Oberfläche erhalten kann; — jedoch vorausgesetzt, daſs das Wasser an der Oberfläche frei abflieſst.

82. Diese Darstellung giebt nun nicht allein über das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C, W, U und S zu V die genügendste Auskunft; sondern sie giebt auch Rechenschaft von allen Erscheinungen und physischen Nebenumständen, die dabei irgend vorkommen können, weil sie aus den unmittelbaren Betrachtungen der Natur hergenommen ist. Daher lassen sich aus ihr ganz ungemein wichtige Folgerungen ziehen, und hauptsächlich nachstehende Erscheinungen erklären.

83. In jeder Perpendikuläre irgend eines Querschnitts liegt (wie auch schon No. 66. litt. b. angemerkt ist) die mittlere Geschwindigkeit der Stromscale beinahe in der Mitte zwischen der gröfsten und kleinsten, jedoch dem Boden etwas näher; dies ist aber bei der generalen Stromscale nicht der Fall, und hat seinen Grund zunächst darin, weil weder alle Perpendikulären gleich groſs sind, noch auch in ihnen überall gleich groſse Geschwindigkeiten statt haben.

Diese Erscheinung hängt also zum Theil von der Gestalt der Querschnitte ab. Allgemein findet man, daſs sich beim freien Abfluſs des Wassers verhält:

bei regulären Querschnitten $C : V = 1 : 0{,}85$

bei irregulären — — $C : V = 1 : 0{,}7344$

Beim verträgten Wasser in irgend einem Querschnitt Q kann sich aber [S. No. 70. und No. 80.] verhalten, wenn auch die Querschnitte ganz regulär sind,

$$C : V = 1 : 0{,}082727.$$

Die mittlere Geschwindigkeit (V) des ganzen Querschnitts (Q) kann also ganz nahe bei (S) liegen.

Diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daſs die Wassertheilchen mit dem Querschnitt Q steigend und horizontal, oder von der Seite abgelenkt flieſsen müssen, um in den unterhalb belegenen Querschnitt (q) [von dem die Verträgung des Wassers oberhalb belegener Querschnitte abhängt] einzuströmen.

84. Wenn das Wasser irgend eines verengten Querschnitts Q nicht ganz frei abzufliefsen vermag, sondern daran durch einen unterhalb belegenen Querschnitt q behindert wird; so kann, obgleich das Wasser in der Oberfläche des Querschnitts Q beschleuniget wird, dennoch am Grundbett Wasser angetroffen werden, was nicht stromab flieſst, sondern sich in Wirbeln und Widerströmen drehet.

Diese höchst merkwürdige Erscheinung wird sich am besten durch eine wirkliche Beobachtung erklären lassen.

[S. Funk's Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst, S. 272.]

64ste Beobachtung.

In Fig. 34. bezeichnet AB und CD zwei Einbaue, welche den Strom (der 168,2 Fufs breit ist) dergestalt verengen, dafs die Abflufsöffnung BC nur noch 72 Fufs beträgt.

In der Längensection war, Fig. 35., im Querschnitt $FE = Q = 1602$ □fufs, das Gefälle auf eine Länge von 600 Fufs $= GF = 2{,}31$ Fufs, die Breite $B = 72$ Fufs, die Tiefe $AC + FE = 22{,}25$ Fufs, die Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche $= C = 12$ Fufs, $0{,}85\,C = 10{,}2$ Fufs und $0{,}85\,CQ = M = 16340$ Kubikfufs (S. No. 70.), wenn M die Wassermenge bezeichnet, welche beim freien Abflufs des Wassers durch den Querschnitt Q strömen würde. Im unterhalb belegenen Querschnitt $q = KI = 1201$ □fufs, war die in einer Secunde wirklich abfliefsende Wassermenge $= m = 5477$ Kubikfufs. Die Wassertiefe $IK = 7{,}24$, die Breite $= b = 168{,}2$, die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche $= v = 5{,}364$. Die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $q = 0{,}85\,v = 4{,}56$ Fufs, und das Gefälle FM auf 600 Fufs Länge $= 0{,}957$ Fufs; daher (nach No. 70.) die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $Q = V = 3{,}79$ Fufs, und $\psi = 0{,}3159$. Nach der (in No. 76.) gegebenen Anleitung ist man daher jetzt im Stande, den Punkt vom Wasserspiegel A oder G herabwärts nach E zu zu bestimmen, wo die Geschwindigkeit $= 0$ wird. Denn es ist $\Omega = 534$, $\mathfrak{F} = 449{,}7$ und $\mathfrak{S} = 84{,}344$ □fufs, $C = 12$, $a = 16{,}9704$, $d = 24$ und $\frac{d - C}{\log.n.\,a - \log.n.\,C} = \mathfrak{B} = 34{,}641$, daher $t = 12{,}57$ Fufs. D. h. obgleich das Wasser in der verengten, 72 Fufs breiten Oeffnung in der Oberfläche 12 Fufs Geschwindigkeit hatte, so nahm doch bis zu einer Wassertiefe von 12,57 Fufs die Geschwindigkeit von der Oberfläche bis dahin so ab, dafs sie $= 0$ wurde. Das Wasser war also noch beinahe 10 Fufs unterhalb dieses Punkts in wallender und wirbelnder Bewegung, weil sich ein Theil der Wassermenge 2,31 Fufs frei herabstürzte, und ihre aushöhlende Gewalt, mit Wirbeln und Widerströmen begleitet, bis zu 22,5 Fufs unter der Oberfläche ausdehnte.

Das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C, U und S zu V zwischen Wasser, das in einer verengten Abflufsöffnung frei fliefst, oder das von einem unterhalb belegenen noch engeren Querschnitt an freier Bewegung behindert wird, ist also ungemein verschieden; weshalb es auch nur aus vorstehender Darstellung einleuchten kann, wie durch eine Oeffnung $Q = 1602$ □fufs, deren Querschnitt also gröfser als der unterhalb belegene $q = 1201$ □fufs, und worin die Geschwindigkeit $C = 12$ Fufs in der Oberfläche um das Doppelte gröfser als $v = 5{,}364$ Fufs ist, nicht mehr Wasser abfliefst, als durch den unterhalb liegenden Querschnitt in gleicher Zeit zuströmen vermag.

Eine eben so wichtige Folgerung ist noch diese:

Dafs die Druckhöhe oder das Gefälle, welches das verträgte Wasser im Querschnitt (Q) bedarf, um dieselbe Wassermenge (m) abzuführen, die im Querschnitt (q) frei abfliefst, weit gröfser seyn mufs, als wenn das Wasser, bei übrigens gleichen Umständen, gleichförmig abfliefsen könnte.

Denn in der 64. Beobachtung No. 84. ist im Querschnitt Q auf 600 Fuſs Länge dazu ein Gefälle von 2,31 Fuſs erforderlich, wenn im Querschnitt q auf dieselbe Länge 0,957 Fuſs genügt.

86. Kennt man in dem Querschnitt irgend eines flieſsenden Gewässers, vom allerniedrigsten bis zum höchsten Wasserstand, den Flächeninhalt, und hat man drei richtige hydrometrische Messungen beim kleinsten, beim bordvollen und beim höchsten Wssser, wenn der Strom im Beharrungszustande ist; so lassen sich die Wassermengen sehr genau im voraus berechnen, die derselbe bei jedem je gedenkbaren Wasserstand (wenn der Strom im Beharrungszustande ist) ganz frei abführt und abzuführen vermag.

Z. B. EF, Fig 36., stelle die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts beim kleinsten, CD beim bordvollen, und AB beim allerhöchsten Wasserstande dar; so ist es vermöge der logarithmischen Stromscale leicht, die mittleren Geschwindigkeiten mm, nn, oo, pp, qq u. s w. und also auch die Wassermengen zu berechnen, da die Flächeninhalte bekannt sind.

Aber wären auch nicht EF, sondern die mittleren Geschwindigkeiten des Wassers in pp, in CD und in nn bekannt, so würde sich ebenfalls die Stromscale sehr genau darstellen lassen.

Für die Ausübung entspringen durch die Anwendung zweier oder dreier hydrometrischen Messungen in irgend einem Querschnitt des Stroms, mit Zurhülfnahme der logarithmischen Stromscale, ungemein groſse Vortheile. Hat man solche Messungen in irgend einem Strom angestellt, so ist man im Stande, über Deichanlagen, oder über Brückenöffnungen und Kunststraſsendämme, die die Thäler der Flüsse quer durchschneiden sollen, richtige Urtheile zu fällen; man kann mit Bestimmtheit die Wassermenge angeben, die man irgend einem Fluſs zu irgend einem Gebrauch zu entziehen vermag, und darnach entnehmen, welche Folgen dies auf den Fluſs selbst haben wird. Verbindet man mit den hydrometrischen Messungen die Pegelbeobachtungen, so ist man im Stande, Rechenschaft von den Ueberschwemmungen, von den Eisgängen und deren Würkungen u. s. w. zu geben; bei Coupirungen kann man im voraus mit ziemlicher Gewiſsheit den Punkt bestimmen, wo die Geschwindigkeit des Wassers in dem zu coupirenden Querschnitt = o wird, wenn die aushöhlende Kraft des Stroms am gröſsten ist, und das Material des Grundbetts eine solche Vertiefung, als dazu erforderlich ist, gestattet; kurz, man kann mit Sachkenntniſs jeden Gegenstand beurtheilen, den uns die Natur unter den mannigfaltigsten Verwickelungen vorlegt. — Ein Vortheil, der in den mehrsten Fällen der Ausübung von ungemein groſser Wichtigkeit ist.

Ich schmeichle mir daher, durch diese Darstellung [wie unter allen je gedenkbaren Umständen das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C, W, U und S gegen V beschaffen sei] für die Hydrotechnik etwas sehr Nützliches geleistet zu haben; um so mehr, da seit zweihundert Jahren viele verehrte Gelehrten über diesen Gegenstand wohl gedacht haben, aber nie zu so allgemein nützlichen Resultaten gelangt sind; und zwar deshalb nicht gelangt sind, weil niemand den Einfluſs unterhalb belegener Querschnitte in Betracht gezogen hat.

VIII.

Allgemeine Beobachtungen über die Geschwindigkeit und die Gestalt des Wasserspiegels fliefsender Gewasser.

87. Die Geschwindigkeit des Wassers in irgend einem Stromschlauch ist desto geringer, je mehr Hindernisse in demselben vorhanden sind; beim kleinsten Wasserstande sind selbige unter allen Umständen jedesmal am gröfsten. Denn es ist eine ganz alltägliche und durchaus nicht zu bestreitende Erfahrung, dafs, wenn in Flüssen und Strömen, beim allerniedrigsten Wasserstande, bis zu welchem sie herabsinken können, die Breiten und die Tiefen, also die Flächeninhalte der Querschnitte ungleich und unähnlich sind; das Gefälle des Wasserspiegels aus unendlich vielen Curven zusammengesetzt ist, und die Geschwindigkeiten des Wassers alsdann durch die verschiedenartigsten Profilgestalten zu unendlichen Abwechselungen gezwungen werden; während bei hohem, und besonders beim bordvollen Wasserstande, alles eine andere Gestalt annimmt. Die Querschnitte irgend eines Stromreviers, so mannigfaltig sie auch gestaltet seyn mögen, suchen sich einander gleich zu werden — sie vereinfachen sich. Zwischen zwei Seitenzuflüssen ist die obere Breite und die mittlere Tiefe oft meilenlang unbedeutend verschieden; das Gefälle des Wasserspiegels bestehet nicht mehr aus einer so grofsen Anzahl von Curven; die mannigfaltigsten Geschwindigkeitsänderungen hören auf — die Bewegung wird gleichförmiger, obgleich am Grundbett alle Erhöhungen und alle Vertiefungen, die vorher vorhanden waren, und die bei allen kleinen Wasserständen sogleich wieder einflufsreich werden, unverändert geblieben sind.

Daraus folgt, dafs wenn von der Geschwindigkeit des Wassers in einem Querschnitt irgend eines fliefsenden Gewässers die Rede ist, man den Wasserstand über dem allerkleinsten angeben mufs.

88. Wenn Wasser durch irgend einen Querschnitt mit verträgter oder mit gleichförmiger, oder mit beschleunigter Geschwindigkeit abfliefst, so nimmt unter allen Umständen die Geschwindigkeit des Wassers, von der Oberflache nach dem Boden zu, ab; jedoch finden einige Ausnahmen statt, und diese sind:

a) Wenn ein fliefsendes Gewässer mittelst eines Schleusenwehrs quer durch gesperrt, und die Wassermenge durch Schütze, die nur auf eine gewisse Höhe gezogen sind, abgeführt wird; so kann das Wasser oberhalb dieser gezogenen Schütze auf eine sehr bedeutende Strecke am Grundbett gröfser als in der Oberfläche seyn, weil letzteres aufgestauet ist und ersteres frei abfliefst. (Man sehe deshalb die merkwürdigen Beobachtungen No. 453. bis No. 489., und zwar Rubrik *C.*)

b) Wenn mehrere Fahrzeuge, Flöfse, Schiffbrücken, hineinhangende Bäume und Gesträuche die Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche aufstauen; so mufs sich das Wasser mit vermehrter Kraft näher dem Grundbett zu durchpressen, alsdann kann ebenfalls die Geschwindigkeit am Grundbett gröfser als an der Oberfläche seyn.

In allen andern Fällen, wo das Wasser frei abfliefst, ist allemal die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche gröfser als am Grundbett.

89. Unter gewissen Umständen können in dem Querschnitt irgend eines Flusses mehrere Wasserfäden (Wasserstreifen) angetroffen werden, die stroman fliefsen. Z. B. in dem Raum *DCB* (S. Fig. 37.) stauet das Wasser gegen eine Kiesbank, und mehrere Stromfäden *Ca*, *Db* u. s. w. fliefsen in dem Querschnitt *AB* gegen den Strom. Oberhalb Einbaue, vorspringender Ufer u. s. w. kann diese Erscheinung öfters angetroffen werden, wie dies wirklich bei Aufnahme der hydrometrischen Messungen an der Saale (S. Beobachtungen No. 251. bis No. 400.) der Fall gewesen ist.

90. Wenn in einem und eben demselben Querschnitt eines Stroms das Gefälle des Wasserspiegels bei verschiedenen Wasser- und Beharrungszuständen unveränderlich ist; so vergröfsert sich dennoch bei jedem (wachsenden) höheren Wasserstand bis zum vollufrigen Bett die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts. Daraus folgt, dafs nicht die Geschwindigkeit von der Neigung des Wasserspiegels allein, sondern auch von dem Verhältnifs, in welchem der Querschnitt $= Q$ zum Umfang $= P$ stehet, also von $\frac{Q}{P}$ abhängig ist. Z. B. in zwei verschiedenen Flüssen *A* und *B* sei der Querschnitt des erstern $= Q = 1000$ □fufs, der Umfang $= P = 105$ Fufs, des andern $q = 1000$ □fufs, und der Umfang $p = 210$; so verhält sich $\frac{Q}{P} : \frac{q}{p} = 9{,}524 : 4{,}7629 = 2 : 1$, und hiermit steht das Verhältnifs der Geschwindigkeiten in Verbindung. Oder mit andern Worten: Tiefere Flüsse fliefsen geschwinder als flachere bei übrigens gleichen Umständen.

Zu bemerken ist aber auch, dafs wenn sich beide Querschnitte in einem Flufs befinden, der im Beharrungszustande ist, so kann bei gleichen Längen das zugehörige Gefälle des Wasserspiegels für beide Querschnitte nicht gleich seyn; sondern es ist offenbar ein gröfseres Gefälle im Querschnitt *q* erforderlich, um in gleicher Zeit dieselbe Wassermenge abzuführen, welche durch den Querschnitt *Q* strömt. Dies folgt aus No. 36. und No. 85.

Wenn ferner auch quer durchgehende Untiefen mit grofsen Breiten, und Stromengen mit grofsen Tiefen verbunden sind, deren Querschnitte gleichen Flächeninhalt haben, so kann doch kein gleichförmiges Gefälle in der Oberfläche angetroffen werden, wofern in gleichen Zeiten gleiche Wassermenge abfliefsen soll.

91. In jedem Gewässer wächst mit zunehmender Wassertiefe (Wasserstand) die Geschwindigkeit und die Wassermenge, aber beide nehmen nicht in einerlei Verhältnifs zu, sondern die Wassermenge wächst jedesmal in einem weit gröfseren Verhältnifs, weil selbiges aus dem Flächeninhalt und der mittleren Geschwindigkeit des Querschnitts zusammengesetzt ist. Z. B. Beim kleinsten Wasserstande sei die mittlere Wassertiefe $= h = 5{,}695$ Fufs, die mittlere Geschwindigkeit $V = 1{,}4$ Fufs, $Q = 1136{,}2$ □fufs und $M = 2591$ Kubikfufs; bei einem Wasserstande 12,38 Fufs über dem klein-

sten in demselben Querschnitt $h = 15{,}11$, $V = 7{,}677$, $Q = 6016$ und $M = 46184$ K. Fuſs, so verhalten sich die Geschwindigkeiten beider Profile wie $1{,}4 : 7{,}677 = 1 : 5{,}583$, die Flächeninhalte wie $1136{,}2 : 6016 = 1 : 5{,}2077$, die Wassermengen wie $1591 : 46184 = 1 : 29$. Nun aber ist $5{,}583 \cdot 5{,}207 = 29$.

92. Bei Strömen und Flüssen, die nicht eingedeicht, oder nicht zwischen sehr hohen Ufern eingeengt sind, nimmt die mittlere Geschwindigkeit des Wassers nur bis zum bordvollen Wasserstande zu, und ist jedesmal daselbst am gröfsten.

Wenn aber das Wasser die Ufer in beträchtlicher Höhe, z. B. 10 bis 15 Fuſs hoch, überflieſst, und sich in weiten Flächen neben dem natürlichen Stromschlauch ausdehnt, so kann die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts sehr viel kleiner gefunden werden, und eben deshalb dauern auch die Ueberschwemmungen noch viele Tage fort. Denn wenn auch nach der einmal erfolgten Ueberströmung das Wasser nicht mehr so häufig als vorher zuströmt; so hört doch die Ergieſsung nicht auf, weil sie mehr in der verminderten Geschwindigkeit als in der Menge des hinzukommenden Wassers liegt. Es ist einerlei, ob dieselbe Wassermenge langsamer als zuvor abläuft, oder ob ein gröſserer Vorrath von neuem beständig hinzuströmt. Wäre dies nicht, so würden die Ströme öfters nur einige Stunden übertreten, und sich alsdann wieder in ihre Ufer zurückziehen; welches aber auch schon deshalb nicht angehet, weil die Hecken, die Gräser, die Holzungen, und die ansteigenden Erhöhungen und Vertiefungen im Binnenlande, das Abflieſsen des Wassers ungemein aufhalten und erschweren.

93. Wenn das Wasser in einem ziemlich geraden Stromrevier so anschwillt, daſs dasselbe über die Ufer steigt und die Gegend in einer groſsen Breite überströmt; so kann man sich das eigentliche Strombett, wenn die Geschwindigkeit sehr groſs ist, als einen Strahl vorstellen, der durch ein beinahe ruhig stehendes Wasser flieſst. Denn das in der Strombahn schnell bewegte Wasser wird dem in der Inundation befindlichen einen Theil seiner Geschwindigkeit zwar mittheilen, aber verhältniſsmäſsig in einem sehr geringen Grade.

Diese Erscheinung wird ganz auffallend dadurch bestätiget, daſs es viele Ströme giebt, die ihr Wasser süſs und unvermischt weit in das Meer hinein führen.

Da aber Flüsse und Ströme jedesmal in der kürzesten Richtung nach dem niedrigsten Punkt flieſsen, und sehr selten eine gerade Bahn auf lange Strecken haben; so ist es begreiflich, daſs beim hohen Wasserstande die Krümmungen abgeschnitten werden, und in dieser Richtungslinie wird alsdann die Geschwindigkeit des Wassers jetzt gröſser, als in den weiter davon entfernten Punkten.

Hieraus erhellet nun augenfällig, wie schwierig alsdann die richtige Bestimmung der Wassermenge beim Hochwasser und bei hohen Wasserständen überhaupt ist, und wie leicht diese Schwierigkeiten durch drei richtige hydrometrische Messungen mit Zuhülfnahme der logarithmischen Stromscale (No. 86.) vereinfacht und umgangen werden können.

94. Wenn zwei und mehrere Wasserstreifen in einer Ebene parallel neben einander mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten abfliefsen, so wird jedesmal in ihrer Berührung eine Anschwellung des Wassers, und Wellen, Wirbel und Widerströme entstehen, die desto sichtbarer und wirksamer seyn werden, je verschiedener die Geschwindigkeiten der beiden Wasserstreifen sind. Und umgekehrt: je gleichförmiger die Geschwindigkeit in der Oberfläche ist, desto geringer wird die Anschwellung seyn, wenn nicht andere physische Nebenumstände darin eine Aenderung machen.

Das Anschwellen des Wassers in Streifen von auffallend verschiedenen Geschwindigkeiten sieht man täglich an Strömen und Flüssen, wenn sie schnell anwachsen und keine grofse Breite haben; an Stromverengungen, wo das Wasser aus dem engen in das weite Bett fliefst; an gezogenen Freischleusen, an Wehren und Mühlenschützen, wo sich das Wssser mit vermehrter Geschwindigkeit in ein Bett stürzt, worinnen die Geschwindigkeit viel geringer ist, oder wo das Wasser gar ruhet; an Deichdurchbrüchen; an Brücken, die den Abfluss der Hochgewässer verzögern; an Stromcoupirungen; an den Spitzen und Köpfen der Einbaue, die in Flüssen und Strömen zur Deckung der Ufer angelegt sind. Denn ruhet das Wasser unmittelbar hinter Gegenständen, so theilen die schnellfliefsenden Wassertheilchen den ruhenden Seitentheilchen Bewegung mit, und treiben sie vorwärts.

Nach den Gesetzen des Gleichgewichts flüfsiger Körper fliefsen die anliegenden und bisher ruhenden Wassertheilchen hinzu, um die dadurch entstandenen Höhlungen auszufüllen, oder in dieselben hinaus zu dringen. Durch beide Kräfte nach verschiedenen Richtungen getrieben, fliefsen nun die Wassertheilchen in krummen Linien — (in kreisender Bewegung) — gegen den Strom. Diese Erklärung giebt Herr Venturi von Wirbeln und Widerströmen.

95. Wirbel und Widerströme verzögern also die Bewegung des Wassers. Man wird selbige nicht allein an allen so eben angeführten Gegenständen gewahr, sondern auch noch ganz besonders an steilen Ufern und Deichen, wo der Strom schief oder gar unter einem rechten Winkel einfällt; am Zusammenfluss zweier Gewässer, die beinahe einerlei Bewegungsmoment haben; an den Unebenheiten und Rauhigkeiten eines Stromschlauchs u. s. w.

Zusatz.

Auf die Geschwindigkeit des Wassers, von der Oberfläche bis zum Boden, sei es in der Stromscale für eine Perpendikuläre, oder in der des ganzen Querschnitts, haben die Wirbel und Widerströme, und das steigende und horizontal fliefsende Wasser, was damit gepaart ist, einen ungemein grofsen Einfluss; denn sie verursachen, dass die Abnahme, von der Oberfläche nach dem Boden zu, nicht stetig, sondern ungleich geschieht.

Diese Erscheinungen machen also von der in No. 79. vorgetragenen Behauptung eine Ausnahme, welches hier ganz besonders angemerkt wird.

In der gleichförmigen Bewegung beim freien Abfluss des Wassers ist aber die Abnahme der Geschwindigkeit in jeder Perpendikuläre, von der Oberfläche nach dem Boden, durchaus stetig.

Das Entstehen der Wirbel und Widerströme erklärt auch noch Herr Schemerl auf folgende Weise:

Wenn eine in der Ruhe befindliche oder mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegte Kugel, von einer andern, die eine gröfsere Geschwindigkeit hat, dergestalt getroffen wird, dafs diese in der Richtung einer Tangente jene berührt oder streift, so wird jene im Kreise herumgedreht werden; und wenn der zweiten mehrere Kugeln mit gleicher Geschwindigkeit folgen, und jede die erste in der nämlichen Richtung streift, so wird die Bewegung derselben so lange anhalten, als die letztern gegen selbige zu wirken fortfahren. Ist die Kugel mit mehreren eben so leicht beweglichen Kugeln umgeben, so wird selbige [vermöge der Adhäsion der Wassertheilchen, wenn man diese Darstellung auf Wasser anwendet] ihre Bewegung den übrigen mittheilen, und alle werden eine Kreisbewegung annehmen, wenn keine anderen physischen Ereignisse darin eine Aenderung machen. Nun sind zwar Wassertheilchen keine Kugeln aus hartem Stoffe, jedoch aber unter einander beweglich, und dennoch wieder mit einander zusammenhängende, materielle, unverdichtbare Theilchen, die jedem Eindruck weichen, und nach allen Richtungen strömen, wohin sie gepreſst werden. Wenn daher Wassertheilchen neben und über einander mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegt werden, so entstehet zwischen ihnen eine Berührung und ein Streifen, welches einen Aufstau (Wellen) und Wirbel und Widerströme (Kreisbewegung) an denjenigen Wassertheilchen verursacht, die sich langsamer bewegen. In jedem Stromschlauch haben aber in der verticalen Längensection die über einander liegenden Wassertheilchen, je nachdem sie steigend, horizontal, oder der Schwere gemäfs unterwärts fliefsen, ein verschiedenes Gefälle, also auch verschiedene Geschwindigkeiten. Der nämliche Fall tritt auch nach der Breite des Stroms ein: woraus also die sehr verschiedenen Geschwindigkeiten und das damit gepaarte Anschwellen derjenigen Wasserstreifen in einem Stromschlauch, die die gröfste Geschwindigkeit haben, imgleichen das Entstehen der Wirbel und Widerströme nach horizontaler und verticaler Richtung, zu erklären sind.

97. Da, wo sich (nach No. 53. bis No. 56.) die gröfste Convexität des Wasserspiegels im Querschnitt befindet, trifft man auch die gröfste Geschwindigkeit und die gröfste Wassertiefe an; vorausgesetzt, dafs alle Stromfäden nach einer geraden Richtung fliefsen. Fliefsen die Wassertheilchen nicht nach einer geraden Richtung ab, sondern werden sie durch die unterhalb belegenen Profilgestalten seitwärts abgelenket, oder müssen sie steigend fliefsen: so wird die gröfste Convexität des Wasserspiegels und die gröfste Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche nicht immer mit der gröfsten Wassertiefe gepaart seyn; sondern erstere werden jedesmal da angetroffen werden, wo die Wassertheilchen in der möglich kürzesten Richtung und mit dem gröfstmöglichsten Gefälle stromab und unterwärts sich fortbewegen können. Dies kommt auch mit den ganz bekannten Erfahrungen überein: dafs sich in einem Strombezirk der Stromstrich bei verschiedenen Wasserständen zwischen dem kleinsten und vollufrigen ungemein

verändern, und von einem Ufer bis in die Mitte des Stroms, und umgekehrt, ausschweifen und abweichen könne.

98. Wenn ein Strom so hoch anschwillt, dafs er seine natürlichen Ufer überfliefst, und das Thal, in welchem derselbe sein Bett ausgehöhlt hat, überschwemmt; so wird in der Oberfläche irgend eines quer über den ausgetretenen Strom angenommenen senkrechten Querschnitts das Wasser in dem eigentlichen Stombett nicht horizontal, noch weniger convex, sondern niedriger als in der überschwemmten Fläche, folglich concav angetroffen werden.

Diese Erscheinung wird dadurch sehr leicht erklärt, dafs sich das Wasser an die Unebenheiten und Rauhigkeiten im Binnenlande oder in der überschwemmten Fläche stöfst und aufstauet; ganz besonders wird dies in den mit Gras bewachsenen Wiesen und Weiden, an den Weidenpflanzungen, Buschwerk, Hecken u. s. w. geschehen.

99. Diese allgemeinen Betrachtungen und Erfahrungen mufste ich nothwendig vorausschicken, indem man daraus belehrt wird, worauf es bei diesen Untersuchungen ganz besonders ankommt, und welche Erscheinungen aus einer allgemein anwendbaren Theorie über die Bewegung des Wassers in Strömen erklärt werden müssen. Vorläufig haben wir aus selbigen die Ueberzeugung gewonnen: dafs in jedem Stromrevier das Wasser abwechselnd, bald gleichförmig, bald beschleuniget, bald verträgt fliefst; dafs man also, wenn von einer allgemein anwendbaren Theorie der Ströme die Rede ist, die mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge für jeden Querschnitt irgend eines fliefsenden Gewässers aus Vernunftschlüssen zu bestimmen hat, das Wasser mag darin gleichförmig, beschleuniget oder verträgt abfliefsen.

Ferner lehren diese Untersuchungen, dafs, wenn das Wasser aus irgend einem Querschnitt (Q) (wie er auch gestaltet seyn mag) frei abfliefst, die mittlere Geschwindigkeit desselben geradezu gefunden werden kann, ohne die Abmessungen irgend eines unterhalb belegenen Querschnittes (q) mit in Betracht zu ziehen; ja! dafs das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C, V und S in irgend einem Querschnitt (welches auch seine Gestalt seyn mag) zwischen sehr engen Grenzen liegt. Wird aber das Wasser verträgt (was in Strömen und Flüssen bei niedrigen Wasserständen am häufigsten der Fall ist), so kann so wenig die mittlere Geschwindigkeit als die Wassermenge irgend eines Querschnitts Q gefunden werden, wenn nicht bis auf den unterhalb belegenen Querschnitt q, von welchem noch die Verträgung des Wassers in Q abhängig ist, und auf dessen Abmessungen, die Betrachtung mit ausgedehnt wird: weil das Wasser dann jedesmal steigend und von der Seite abgelenkt aus dem Querschnitt Q in den Querschnitt q einströmen mufs; weil ferner nicht gerade ein unterhalb belegener Querschnitt q die Verzögerung des Wassers in Q verursacht, sondern mehrere, zwischen Q und q belegene Querschnitte Ω, $\mathfrak{q}$ u. s. w.

die Verträgung in Q mit bewirken können, so dafs von Q nach q zu weder eine stetig veränderliche Wassertiefe, noch eine solche Breite, oder ein solches Gefälle, sondern mehrere ungleich veränderliche Breiten, Tiefen und Gefälle angetroffen werden, ja, dafs sogar mehrere Wasserstreifen stroman fliefsen können; kurz endlich: weil es zahllose örtliche und zufällige Hindernisse und Widerstände giebt, von welchen die Bewegung des Wassers in dem Querschnitt Q abhängig wird, wenn V und M gesucht werden soll.

Dies sind mit wenig Worten die Resultate, die sich bisher aus unsern Untersuchungen, in Bezug auf eine allgemein anwendbare Theorie von Bewegung des Wassers in Flufsbetten, ergeben haben; sie bekunden die grofsen Schwierigkeiten, die einer solchen Theorie entgegenstehen, aber sie zeigen auch, was man und wie man es zu suchen habe, und wie die Schwierigkeiten zum Theil umgangen werden können.

100. Versuche können nur über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit einer Theorie entscheiden, und deshalb ist es meines Erachtens nothwendig, sich jedesmal die Ueberzeugung zu verschaffen, ob auch diejenigen Beobachtungen, die als Probirstein dienen sollen, richtig und zweckmäfsig angestellt, und ob alle diejenigen physischen Nebenumstände in Betracht gezogen worden sind, auf die es ganz besonders ankömmt. Aus diesem Grunde wird man es nicht überflüfsig finden, wenn ich nicht allein zeige, wie dergleichen Beobachtungen angestellt werden müssen, und welcher Instrumente und Vorrichtungen man sich vorzugsweise dabei zu bedienen habe; sondern auch wie? und auf welche Weise die hier mitgetheilten Messungen bewerkstelliget worden sind, die demnächst mit einer allgemein anwendbaren Theorie, von Bewegung des Wassers in Strömen, verglichen werden sollen, und die meines Erachtens einen hohen und unvergänglichen Werth haben, weil sie über einen grofsen Theil derjenigen Erscheinungen Auskunft geben, die bei Bewegung des Wassers in Strömen vorkommen. Dafs aber jene Ueberzeugung von der Zuverläfsigkeit der Beobachtungen nothwendig sei, davon giebt dasjenige, was ich No. 214., die Krayenhoffschen hydrometrischen Messungen betreffend, anführe, den vollkommensten Beweis.

IX.

Von der Aufnahme vollständiger hydrometrischer Messungen, um die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge irgend eines fliefsenden Gewässers zu bestimmen, und von den vorzüglichsten Werkzeugen, deren man sich dazu bedient.

101. Wenn ein fliefsendes Gewässer im Beharrungszustande ist, so müssen durch jeden Querschnitt in gleicher Zeit gleiche Wassermengen abfliefsen (No. 16.). Werden daher in einem Strombezirk mehrere Querschnitte aufgenommen, und die mittleren Geschwindigkeiten des Wassers in jedem derselben gesucht; so müssen sich die Inhalte der Querschnitte umgekehrt, wie die gefundenen Geschwindigkeiten verhalten (No. 18.), und die ausgemittelte Wassermenge für alle Querschnitte gleich grofs seyn. Aus der Uebereinstimmung dieser Resultate folgert man, dafs die Aufnahme der

Querprofile und die Messung der Geschwindigkeiten mit der gehörigen Genauigkeit und Richtigkeit geschehen ist.

102. Will man aber irgend einen allgemeinen Ausdruck für die Bewegung des Wassers in regellosen Strom- und Kanalbetten mit den Resultaten der Erfahrung vergleichen; so muſs man noch auf mehrere physische Nebenumstände und Abmessungen Rücksicht nehmen, was im ersten Fall ganz unnöthig ist. Dahin gehört nun

a) die Neigung des Wasserspiegels an beiden Ufern für jeden gemessenen Querschnitt, weil von seiner gröſseren oder geringeren Neigung daselbst die schnellere oder langsamere Bewegung mit abhängt;

b) die Aufnahme einiger Querschnitte unterhalb desjenigen Profils Q, worin die mittlere Geschwindigkeit $= V$ und Wassermenge $= M$ gesucht wird. Ganz besonders muſs aber der Querschnitt q bekannt seyn, von dem die Verzögerung des Wassers (wenn eine dergleichen vorhanden ist) abhängt. Es kann aber, wie nach den Beobachtungen No. 270. bis No. 311., q von Q 12300 Fuſs entfernt seyn; bei solchen Umständen dürfte man also in Verlegenheit kommen, viele unnöthige Querschnitte aufnehmen zu müssen; daher ist es am gerathensten, von einem Querschnitt q, durch welchen ganz zuverläſsig das Wasser beschleuniget wird, seine Messungen anzufangen, und stroman bis zum Querschnitt Q, in welchem V und M gesucht wird, fortzusetzen;

c) die Bestimmung der gröſsten Geschwindigkeit eines Wasserfadens in der Oberfläche des Wasserspiegels, und zwar im Stromstrich;

d) die richtige Ausmittelung der mittlern Geschwindigkeit $= V$ im Querschnitt Q;

e) die Bestimmung der Wassermenge $= M$, die in jeder Secunde durch irgend einen Querschnitt Q abflieſst.

Wie man bei diesen Messungen zu verfahren, und worauf man besonders Rücksicht zu nehmen habe, soll umständlich gezeigt werden.

103. Was Wasserwägen oder Nivelliren ist, und wie man dasselbe in Ausführung zu bringen hat, wird um so mehr vorausgesetzt, als hier nur auf die physischen Erscheinungen aufmerksam gemacht werden soll, die in Betracht gezogen werden müssen, um die Neigung des Wasserspiegels in einem Strombezirk zu erforschen.

Jede Stelle irgend eines flieſsenden Gewässers hat ihr eignes, den Ortsumständen angemessenes Gefälle. Es muſs daher jedesmal beim Nivelliren des Wasserspiegels ober- und unterhalb desjenigen Punkts eine Wassertafel genommen werden, wo das Wasser aus einem weiten in einen engen, oder aus einem engen in einen weiten Querschnitt flieſst; oder: wo sich das Wasser gegen ansteigende Unebenheiten des Bodens erhebt, und über den Rücken des Bettes hinübergleitet.

Diese Stellen findet man durch das vorherige Auspeilen der Stromrinne, wenn von 5 zu 5 Ruthen in derselben die Wassertiefe gesucht wird. Weil dies aber nicht immer mit Genauigkeit geschehen kann, oder öfters zu beschwerlich ist; so thut man am besten, nach Verhältniſs der Ströme und Flüsse und ihrer Wasserstände, von 25 zu 25, oder von 50 zu 50, ja von 100 bis 100, oder gar

von

von 100 bis 200 Ruthen, Wassertafeln zu nehmen, und dadurch die Neigung des Wasserspiegels an beiden Ufern zu bestimmen.

104. Der Wasserspiegel eines Stroms steigt und fällt. Damit dies aber auf die richtige Bestimmung der Neigung des Wasserspiegels keinen Einfluss habe; so werden neben dem Ufer, nach Umständen alle 25, 50, 100 oder 200 Ruthen, Terrainpfähle geschlagen, deren Köpfe man genau nivellirt. Die Vortheile solcher Terrainpfähle sind unverkennbar. Es sind unveränderliche feste Punkte, die gar nicht weit auseinander liegen. Bei der täglichen Fortsetzung des Nivellements mit dieser Vorrichtung, ist jede nivellirte Entfernung, von einem Terrainpfahl zum andern, als ein zum Schluss gebrachtes Nivellement anzusehen; Terrainpfähle sind brauchbar, die Seitennivellements mit dem Hauptnivellement in Verbindung zu bringen, nämlich so, dass sich alle Nivellements auf eine Horizontallinie beziehen. Es ist sehr bequem, mittelst der Terrainpfähle das Gefälle des Wasserspiegels bei verschiedenen Wasserständen des Stroms zu finden, zu welchem Behuf man alsdann nur die Terrainpfähle auf das Hochufer einschlagen lässt. Man kann überdies alle mit dem Nivellement correspondirende Punkte auf dem Felde weit leichter auffinden, u. s. w. Ferner werden im Grundbett des Stroms, und zwar neben den Ufern und den Terrainpfählen gegenüber, Pfähle gerammt, deren horizontal geschnittene Köpfe eigentlich bis zum bordvollen Strom reichen sollten, und Interimspegel heißen. Oefters gestattet es aber die Localität nur, dass die Köpfe dieser Interimspegel 3 oder 4 Fuss über das kleinste Wasser erhaben sind.

Mittelst der Terrainpfähle werden die Köpfe dieser Interimspegel durch Seitennivellements in Verbindung gebracht.

Ist nun der Strom im Beharrungszustande, so wird an einem Tage an jedem Interimspegel die Wasserhöhe genau bemerkt, und in das Nivellement eingetragen, wodurch sich das Gefälle des Wasserspiegels möglichst genau ergiebt.

105. Ist der Strom hoch angeschwellt, jedoch noch innerhalb seiner natürlichen Ufer, und hat er dabei eine grosse Geschwindigkeit; so muss man ausserordentliche Vorsicht anwenden, um die Neigung des Wasserspiegels auf eine bestimmte Länge genau zu erforschen. Man muss bedenken, dass das schnellfliessende Wasser an jedem Gegenstand von einiger Bedeutung aufstauet. Ist also das Ufer mit Gesträuch oder mit hohem Grase bewachsen; hat es Einbuchten, Vorsprünge, und das Wasser wächst bis zum volluferigen Stande: so kann die wahre Neigung des Wasserspiegels an der neuen Uferlinie nicht ganz genau gefunden werden. Noch weniger ist dies der Fall, wenn das Wasser aus der Mitte gegen die Ufer fliesst und pausenweise daran emporsteigt (No. 54.); oder, wenn das Wasser über die Ufer tritt, folglich das Binnenland überschwemmt, und man alsdann die Neigung des Wasserspiegels an der nunmehrigen Uferlinie bestimmen will. Auf alle diese Umstände hat man nicht allein Rücksicht zu nehmen, sondern man muss denselben möglichst zu begegnen suchen. Es bedarf dazu ganz vorzüglicher Pünktlichkeit und Ausdauer, weil gerade diese Operation mit zu den mühvollsten gehört, wenn alle die hier aufgezählten Umstände vereinigt eintreten.

106. Um in irgend einem bestimmten Strombezirk das Gefälle des Wasserspiegels vom kleinsten bis zum bordvollen Strom, bei allen dazwischen fallenden möglichen Wasserständen zu erfahren,

dient nachstehende sehr einfache Vorrichtung. Man befestigt nämlich, Fig. 38., die Pegel auf die Böschung des Ufers durch eingerammte Pfähle, dergestalt, dafs sie in der Ebene liegen, welche die Böschung mit dem Horizont macht, und richtet die am Pegel zu zeichnenden Maafse nach der jedesmaligen schrägen Richtung der Böschung ein. Dies setzt aber voraus, dafs das Ufer da, wo solche schräge Pegel angebracht sind, nicht mit Strauchwerk, hohem Gras, u. s. w. bewachsen ist, welches sonst Stauung des Wassers, Störung und Unregelmäfsigkeit in den Beobachtungen hervorbringen würde. Angenommen, man habe fünf dergleichen schief liegende Pegel in einem Stromrevier an beiden Ufern angebracht, wie Fig. 39., a, d, f, k, k, und b, c, e, g, i zeigt, so wird nun beim niedrigsten Wasserstand genau bestimmt, um wieviel die Punkte c,d; e,f; g,h; ik niedriger, als die von a und b liegen; oder: es wird durch den Nullpunkt der ersten Scalen a und b eine Horizontalebene gelegt und bestimmt, wieviel niedriger die Nullpunkte der Scalen c, d; e, f; g, h; i, k liegen. Bei jedem höheren Anwuchs des Wassers hat man alsdann nur nöthig, den Stand des Wassers an der Scale zu beobachten, um zu wissen, ob die Neigung des Wasserspiegels für jeden Wasserstand gleich geblieben ist, oder ob sie sich verändert hat. Z. B. Man habe drei Scalen, wovon beim niedrigsten Wasserstande die erste = o, die zweite = 0,445, die dritte = 0,89 Fufs niedriger als die erste liegen; das Wasser sei aber so gewachsen, dafs an der ersten 8,5, an der zweiten 8,4 und an der dritten 8,3 Fufs beobachtet ist; so ist das Gefälle

für die erste Scale — — = o
— zweite = 8,5 + 0,445 — 8,4 = 0,545
— dritte = 8,5 + 0,89 — 8,3 = 1,090
u. s. w.

107. Auf ähnliche Art kann man auch die Strom- und Flufspegel einrichten, welches seinen grofsen Nutzen hat. Z. B. Man habe fünf Pegel an einem Strom beim allerniedrigsten Wasserstand gesetzt, die von demselben aufwärts zu zählen anfangen. Denkt man sich nun durch den Nullpunkt des ersten Pegels eine Horizontalebene, und lägen die Nullpunkte der vier anderen Pegel, 15,46, 20,36, 33,23, 54,02 Fufs niedriger; so würde man im Stande seyn, über das Verhalten des Wasserspiegels bei allen möglichen Naturereignissen zu urtheilen. Gesetzt man habe an den fünf Pegeln nachstehende Beobachtungen gemacht, 12,38, 12,1, 11,4, 10,9, 13,9; so wäre das Gefälle

beim ersten Pegel 12,38 + o — 12,38 = o
— zweiten — 12,38 + 15,46 — 12,1 = 15,74
— dritten — 12,38 + 20,36 — 11,4 = 21,34
— vierten — 12,38 + 33,23 — 10,9 = 34,71
— fünften — 12,38 + 54,02 — 13,9 = 52,50

Bei diesem Wasserstande und beim Eintritt gewisser Naturereignisse war daher beim Pegel No. 2. 3. 4. das Gefälle um 0,28, 0,74, 0,147 Fufs gröfser; hingegen beim Pegel No. 5. um 1,52 kleiner, als beim niedrigsten Wasserstande.

In Holland ist eine Horizontalebene durch den Amsterdammer Stadt-Peilschal gelegt, und die Nullpunkte der Pegel aller Holländischen Flüsse und Ströme darauf reducirt; eine durchaus nach-

ahmungswürdige Einrichtung, wenn sie auch nur an einem Strome in Ausführung gebracht wird. [Man sehe deshalb: *Verzameling van hydrographische en topographische Waarnemingen in Holland, Amsterdam* 1815.]

108. Tritt das Wasser über die natürlichen Ufer, überschwemmt die angrenzenden Grundstücke, und ist es nöthig, auch bei den höchsten Wasserständen das Gefälle des Wasserspiegels in dem Binnenlande zu wissen; eine Forderung, die bei Deichanlagen, bei Führung der Kunststrafsen durch Thäler, u. s. w. vorkommen kann: so müssen im Binnenlande, Fig. 40., Pfähle l, m, n, o, p, und u, t, s, r, q, desgleichen am eigentlichen Ufer des Stroms die Pfähle a, c, e, g, i, und b, d, f, h, k senkrecht gestellt, und so eingerammt werden, dafs sie vom Eisgange keinen Schaden leiden. Die Pfähle müssen im Grundrifs die Gestalt Fig. 41., und neben der Stromseite eine Vertiefung $\alpha\beta\gamma\delta$ haben, worin man eine Scale anbringt, die von der Oberfläche des Terrains zu zählen anfängt. Die Nullpunkte der Scalen in l, m, n, o, p, und in u, t, s, r, q müssen gegen die Lage der Nullpunkte von a, c, e, g, i, und b, d, f, h, k bekannt seyn, wodurch, wie (No. 106. und No. 107.) gelehrt ist, die Neigung des Wasserspiegels in der Inundation möglichst genau erforscht werden kann, besonders wenn man noch das Gefälle an den inundirten Uferlinien vw und xy kennt.

109. Will man die Resultate der Erfahrung mit den Resultaten der Theorie vergleichen, so gewährt es einen grofsen Vortheil, wenn man das Nivellement des Wasserspiegels beider Ufer irgend einer Stromstrecke nach einem grofsen Maasstab dergestallt aufträgt, dafs 100 Ruthen nivellirter Länge = 1 Decimalzoll, und ein Fufs Höhe ebenfalls = 1 Decimalzoll ausmacht. Werden die mittleren Wassertiefen jedem gemessenen Querschnitt hinzugefügt, so übersieht man sogleich bildlich, welche Veränderungen der Wasserspiegel erleidet, und welche Querschnitte auf die oberhalb belegenen Verträgung des Wassers erzeugen.

110. Die Aufnahme der Querschnitte, besonders bei sehr grofsen und breiten Flüssen, bewerkstelliget man am besten beim allerniedrigsten Wasserstand, weil alsdann die Breite des Stroms am geringsten ist. Der Querschnitt beim bordvollen oder beim höchsten Wasserstand wird demnächst durch ein genaues Nivellement vervollständiget. Sind diese Querschnitte bis zum bordvollen Wasserstand aufgenommen, und ist man überzeugt, dafs sie sich in der Zeit, worin die Beobachtungen gemacht werden sollen, wenig ändern können; so ist es sehr leicht, für jeden möglichen Wasserstand, vom niedrigsten bis zum vollufrigen, die Breite, den Umfang, die mittlere Tiefe und den Flächeninhalt des Querschnitts auszumitteln.

111. Wenn man Querprofile aufzunehmen hat, worin sich Sand- und Kiesbänke, Inseln u. s. w. befinden, die über den Wasserspiegel hervorragen, so werden auch diese ebenfalls durch ein Nivellement bestimmt.

112. Die genaue Aufnahme des Stroms in seiner Breite geschieht bekanntlich durch ein geometrisches Verfahren: die Messung des Querschnitts (d. h. die Messung der Wassertiefen) geschieht am besten an einem Seil, welches man quer über den Strom spannt, und von 12 zu 12 Fufs (in kleinen Flüfsen), von 36 zu 36, oder von 60 zu 60 Fufs (in grofsen Strömen) mit farbigen Läppchen bezeichnet. Das Seil wird über den Strom entweder mit einemmal

der ganzen Breite nach, oder theilweise auf Schiffen oder Tonnen, die vor Anker liegen, ausgespannt. Dieses Ausspannen über mehrere Schiffchen oder über Tonnen, die vor Anker liegen, geschieht deshalb, um es gehörig anziehen zu können. Ist nun dies geschehen, so mißt man die Entfernungen und die Tiefen längs dem ausgespannten Seil. Endlich vergleicht man die mit dem Seil gemessene Länge mit der wirklich geometrisch genau bestimmten Breite des Stroms, und vertheilt den Fehler, welchen die unausbleibliche Reckung der Leine verursacht, auf die Anzahl der gemessenen Tiefen.

113. Zur Messung der Wassertiefen bedient man sich einer langen, unten mit einem runden, 3 Zoll dicken und 1 Fuss im Durchmesser haltenden Brett versehenen Sondirstange; sie muss rund, und in ganze, halbe und Viertelfusse eingetheilt seyn. Beim Messen selbst muss man bedenken, dass bei einer grossen Geschwindigkeit des Wassers dasselbe an der Sondirstange aufstauet, folglich an derselben stromab die Tiefe zu gross, stromab zu klein gefunden wird. Dass man hier sehr genau und sorgfältig verfahren muss, bedarf kaum einer Erwähnung, da von den richtigen Messungen der Profile alle andere Dimensionen abhangen. Ist die Wassertiefe sehr gross, so bedient man sich eines Seils, woran ein Gewicht befestiget ist.

114. Inundationsprofile kann man öfters sehr vortheilhaft auf dem Eise aufnehmen, wenigstens die Längen wirklich sehr genau messen; öfters auch das Terrain der Inundationsfläche mit wenigern Schwierigkeiten, als sich sonst darbieten, nivelliren. Auch beim Hochwasser, besonders wenn Stauungen eintreten, kann man in der Inundation ohne Nivellements nützliche Untersuchungen anstellen. Es müssen sich nämlich mehrere Beobachter zugleich in die überschwemmte Gegend begeben, um die Tiefe der Ueberschwemmungen an vielen Orten zu messen und in die Karte einzutragen; wodurch auf eine höchst einfache Weise die Lage vieler Punkte gegeneinander bestimmt wird, ohne sich des wirklichen Nivellirens, welches mit Kosten und Zeitaufwand verknüpft ist, zu unterziehen. Man muss aber dabei nicht vergessen, dass das Wasser am hohen Grase u. s. w. aufstauet; dass also das Wasser wirklich ruhen kann, und doch die überschwemmte Fläche keine Horizontalebene bildet.

115. Hat man z. B. an einen Strom mehrere Pegel gesetzt, die vom allerniedrigsten Wasser zu zählen anfangen, und es sollen mehrere Querschnitte, die bei einem Wasserstand von 2 Fuss über dem kleinsten aufgenommen sind, auf einen Wasserstand von 8 Fuss über dem kleinsten gebracht werden; so versteht es sich von selbst, dass man diese so zu vergrössernden Querschnitte vorher so vollständig aufgenommen habe, dass wenn man Fig. 42. die Senkellinie $ai = dk = 6$ Fuss fället, und die Parallele ef mit ad ziehet, letztere noch innerhalb jener Aufnahme begriffen sei. Der auf 8 Fuss am Pegel vergrösserte Querschnitt ist nun $eabcdf$, statt der bei 6fussiger Pegelhöhe nur $abcd$ war.

116. Wenn die Wassertiefe in irgend einem Querschnitt $AFEC$, Fig. 9., von 12 zu 12 Fuss $= Z$ aufgenommen ist, so werden an den Ufern z. B. zwei Dreiecke ABF und CDE abgeschnitten werden. Der Flächenraum des ganzen Querschnitts $= Q$ ist alsdann [wenn AB mit m und CD mit n bezeichnet wird, die Perpendikulären aber a, b, c, d, e, f, g und h heissen,]

$$Q = \frac{am + hn'}{2} + \frac{Z}{2}(a + h) + Z(b + c + d + e + f + g), \text{ oder}$$

$$Q = \frac{(m + Z)a + (n + Z)h}{2} + Z(b + c + d + e + f + g).$$

Ist $m = Z$, so ist

$$Q = Za + \left(\frac{n + Z}{2}\right)h + Z(b + c + d + e + f + g).$$

Dergleichen Querschnitte werden nun oberhalb und unterhalb des Seitenzuflusses oder des Seitenabflusses eines Stroms in Entfernungen von 25, 50, 100 bis 200 Ruthen, bis zum bordvollen Wasserstand, aufgenommen. In jedem solchen Querschnitt muss der niedrigste Wasserstand, von welchem die Pegel zu zählen anfangen, genau bekannt seyn, und in ein und eben denselben Querschnitt werden auch bei verschiedenen Wasserständen die Messungen wiederholt.

117. Wie man bei Berechnung der mittlerern Geschwindigkeit des Wassers, nicht allein in einer, sondern in mehreren Perpendikulären eines Querschnitts, zu verfahren hat, und wie die Wassermenge und daraus wieder die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts berechnet wird, ist in No. 61. bis No. 65. ausführlich gezeigt. Hat man nun nach den beschriebenen Verfahrungsarten die Wassermenge und die mittlere Geschwindigkeit mehrerer Querschnitte in einem Strombezirk beim Beharrungszustande ausgemittelt; so muss die so gefundene Wassermenge für alle Querschnitte gleich seyn.

118. Die verschiedenen Geschwindigkeiten des fliefsenden Wassers, lassen sich entweder mit schwimmenden Körpern, oder auch mittelst eines Strommessers erforschen.

Es ist eine längst bekannte Erfahrung, dass man mit der schwimmenden Kugel, oder mit dem schwimmenden Stabe, nicht allein die wirkliche Geschwindigkeit des Wassers auf der Oberfläche, sondern auch in jeder Tiefe unter derselben, in einem Stromfaden, finden kann; zugleich hat man auch alle Strommesser mit den Resultaten, welche schwimmende Körper geben, verglichen. Dabei ist aber jedesmal vorausgesetzt, dass das Wasser in der Länge des Stromfadens, wo der schwimmende Körper fliefst, und woraus die Geschwindigkeit abgeleitet werden soll, eine ganz gleichförmige Bewegung hat. Aber eben dieses Umstandes wegen, ist die Geschwindigkeitsmessung des Wassers mit der schwimmenden Kugel oder mit dem Stabe von sehr eingeschränktem Gebrauch, weil in den mehresten Fällen der Ausübung diese Voraussetzung unstatthaft ist.

[Man sehe deshalb No. 69., 70., 74., 76., 80., 83., 84., 99.]

Will man in einem Strombezirk die richtige mittlere Geshwindigkeit der gemessenen Queschnitte ausmitteln, so muss so verfahren werden, wie No. 61. bis No. 65. gelehrt ist. Mit schwimmenden Körpern ist dies aber nicht allezeit möglich, weil sich öfters die Stromfäden nach der Stromrinne, die sich am Ufer befinden kann, hinziehen, und also nur in einigen Stromfäden die Geschwindigkeit richtig bestimmt wird, statt dies vielleicht in zehn Wasserstreifen geschehen sollte.

Beim hoch angeschwollten Strom werden die schwimmenden Körper, wenn sie in Wirbel

und Widerströme oder in wallendes Wasser gerathen, verzögert. In Stromkrümmungen ist die Kugel oder der Stab ganz unbrauchbar. Herr Brünings behauptet daher, dafs es bei Messungen mit schwimmenden Körpern durchaus ganz nothwendig sei, dafs der Stromfaden in einer beinahe geraden Richtung in der Mitte des Flusses fortfliefse. Und so wie kleine Wirbel, wallendes Wasser u. s. w. den schwimmenden Körper in seinem Lauf stören, so thun es auch andere Körper, als vertrocknetes Gras, Holzwurzeln u. s. w. Auch findet man nicht die wirkliche Geschwindigkeit des Wassers in jedem Punkt einer Perpendikuläre, sondern nur einen Mittelwerth aus den Geschwindigkeiten aller Punkte derjenigen Länge des Stromfadens, durch welche sich die Kugel in dem Wasser bewegt hat; wobei man also voraussetzen mufs, dafs in der ganzen Länge, welche die Kugel durchschwamm, die Geschwindigkeit gleichförmig gewesen ist, welches aber nicht allezeit angenommen werden kann. Hat man die Kugel auf eine gewisse Tiefe unter die Oberfläche des Wassers gesenkt; und es finden sich Hindernisse, woran die Kugel streift oder stöfst, so ist der Versuch ungültig. Aber öfters wird man dies nicht gewahr, und erhält ganz unrichtige Resultate. Bewegt sich nur irgend die Luft, so ist die Geschwindigkeitsmessung mit der Kugel nicht zu unternehmen. Für kleine Bäche und Schufsgerinne giebt die Kugel öfters sehr unzuverläfsige Resultate (eben weil das Wasser nicht gleichförmig abströmt). Aber auch angenommen, alle Umstände wären die günstigsten; so wird doch niemand leugnen können, dafs die Messung der Geschwindigkeit mit schwimmenden Körpern, vorzüglich 10 und 20 Fufs unter der Oberfläche, die allerbeschwerlichste und mühsamste sei. Diese Messung der Geschwindigkeiten unter der Oberfläche kann man aber gar nicht umgehen, wenn an genauen Resultaten gelegen ist (S. No. 61. bis No. 86.).

Aus diesen von den Naturerscheinungen bestätigten Gründen, haben wissenschaftliche Hydrotechniker, denen es um zuverläfsige Resultate zu thun war, die schwimmende Kugel, oder den schwimmenden Stab nie als ein Werkzeug von allgemeinem Gebrauch empfohlen; sondern man hat sich während eines Zeitraums von hundert und funfzig Jahren unaufhörlich mit Erfindung eines richtigen, einfachen und wohlfeilen Strommessers beschäftiget.

Dem Herren Wasserbaudirector Woltmann in Hamburg ist es schon im Jahr 1790 gelungen, dieses Problem ganz befriedigend zu lösen. Durch seine Erfindung des hydrometrischen Flügels, Hamburg 1790, werden die vorher angeführten Schwierigkeiten gröfstentheils gehoben. Dieses Instrument zeichnet sich durch die Leichtigkeit beim Gebrauch, durch seine Einfachheit, und ganz besonders dadurch aus, dafs es die Geschwindigkeit des Wassers in jeder Tiefe irgend einer Perpendikuläre genau angiebt, und von gar keiner Theorie des Stosses abhängig ist; ein unschätzbarer Vorzug, der allen bekannten Strommessern abgehet. In Deutschland ist dieses Instrument unter den Hydrotechnikern so bekannt und beliebt, dafs es hier dessen Beschreibung und Auseinandersetzung um so weniger bedarf, da dies Herr Woltmann in seiner Abhandlung, und noch kürzlich Herr Oberlandesbaudirector Eytelwein (S. Denkschriften der Berliner Academie der Wissenschaften aus den Jahren 1816 und 1817) genügend geleistet haben. Durch dieses unschätzbare Instrument wird es gewifs noch möglich, alle Dunkelheiten aufzuhellen, die bisher einer ganz allgemeinen Theorie von der Bewegung des Wassers in regellosen Flufsbetten im Wege stehen.

119. Aber es wird nöthig seyn, mit dem Verfahren bekannt zu machen, dessen man sich bedient, wenn der Fluſs bordvoll ist, und eine sehr grofse Geschwindigkeit des Wassers im Stromschlauch angetroffen wird.

Da das Instrument, nach Angabe des Herrn Erfinders, an einer eisernen Stange 2 Zoll im Durchmesser befestiget wird; so ist es begreiflich, daſs beim Messen grofser Geschwindigkeiten von der Oberfläche bis zum Boden, besonders aber bei grösser Wassertiefe, Schwierigkeiten einträten. Diese sind nun unter solchen Umständen

a) die Stange, wenn sich das Instrument daran befindet, auf den Grund hinab zu bringen;

b) demnächst so zu stellen, daſs die Axe des Instruments jedesmal parallel mit dem Wasserstreifen ist, dessen Geschwindigkeit gesucht werden soll;

c) die Stange, bis der Versuch beendiget ist, in dieser Richtung zu erhalten.

Denn der Stoſs des Wassers auf die Stange, welche, unten am Grunde feststehend, nur noch oben einen Stützpunkt hat, verursacht bei grofsen Geschwindigkeiten des Wassers ein ungemein starkes Zittern, und macht es beschwerlich, diese gewichtige Stange, so oft ein Versuch beendiget ist, mit Schnelligkeit und Vorsicht aus dem Wasser zu heben, das Instrument von neuem zu stellen und wieder hinunter zu lassen. Man kann daher den hydrometrischen Flügel bei der von Herrn Woltmann angegebenen Vorrichtung, unter der Voraussetzung, daſs man die Geschwindigkeit des Wassers, von der Oberfläche bis zum Boden, in irgend einer Perpendikuläre beobachten will, nur noch höchstens anwenden, wenn die Wassertiefe 50 Fuſs, und die Geschwindigkeit des Wassers 5 Fuſs in der Oberfläche ist. In den mehrsten Fällen der Ausübung wäre dies wohl hinreichend; jedoch bin ich durch den vielfachen Gebrauch dieses Instruments auf Vorrichtungen geleitet, die dasselbe ganz allgemein nützlich machen.

120. *Erste Methode.*

Wenn man blofs die Geschwindigkeit des Wassers in einem Querschnitt 6 bis 50 Zoll unter der Oberfläche wissen will, sei auch die Geschwindigkeit und die Wassertiefe die gröfst möglichste des Stroms, so befestiget man den hydrometrischen Flügel unten an eine 8 bis 10 Fuſs lange leichte hölzerne Stange, stellt sich an die Spitze eines kleinen Schiffchens, welches an einem quer über den Fluſs gespannten Seil gehalten wird; klemmt die Stange zwischen eine mit Zähnen versehene Zange (die an der Spitze des Schiffs festsitzt), nachdem man die Stange vorher auf die verlangte Tiefe ins Wasser getaucht, und das Instrument gegen den Strom gerichtet hat; und beobachtet nun die Geschwindigkeit. Bei einer Geschwindigkeit des Wassers von 10 Fuſs in der Secunde, kann ein Mann gemächlich die Stange 50 Zoll unter der Oberfläche halten.

121. *Zweite Methode.*

Wenn man bei beträchtlicher Geschwindigkeit des Wassers 18 bis 20 Fuſs unter der Oberfläche Beobachtungen anstellen will.

Man bedient sich alsdann einer ähnlichen Vorrichtung, wie der Herr Generalinspector Brüning bei seinem Tachometer in Anwendung gebracht hat, dessen Beschreibung in Herrn Wiebe-

kings allgemeinen Wasserbaukunst, 1. Band, S. 162. bis 174. Darmstadt 1798, nachgelesen werden kann. Nämlich: man nimmt zwei Schiffe *A* und *B*, Fig. 43., verbindet selbige 12 Fuſs weit von einander mit einer Brücke und einem Gerüste, wie Fig. 44. und Fig. 45. zeigt. Der Stiel *C* bestehet aus zwei Stücken, Fig. 46. und Fig. 47.; wovon das eine *fiklhef* unbeweglich ist, das andere *gfeh* aber los genommen, und mittelst zweier Ueberwürfe *mno*, Fig. 47., befestigt werden kann. Die hölzerne Stange *ED*, deren horizontaler Durchschnitt durch *abcd*, Fig. 46. und Fig. 47., bezeichnet wird, ist so eingerichtet, daſs sie aus 20 Stücken (wenn es nöthig ist), zusammengesetzt werden kann. Der Durchschnitt derselben ist ein Trapez, wovon $dc = 2$ und $ab = 1$ Zoll beträgt. Die Länge jedes Stangenstücks ist 5 Fuſs, den Zapfen angerechnet, der auf eine Länge von 5 Zoll daran ausgearbeitet ist. An der einen Seite der so auf 5 Zoll etwas abgearbeiteten Stange ist eine kupferne Feder angebracht. In die kupferne 5 Zoll lange Hülse der zweiten Stange kommt der Zapfen und die Feder der ersteren, wo der Widerhaken der Feder in eine Oeffnung faſst, die in einer Seite der trapezförmig gestalteten Hülse angebracht ist, und so die zwei Stücke zu einem Ganzen verbindet. Auf diese Weise werden bei den Versuchen so viele Stangen auf einander befestiget, als die Tiefe des Wassers erfordert, die deshalb vorher genau gemessen seyn muſs.

Am unteren Ende der Stange bei *D*, Fig. 44. und Fig. 45., ist eine ganz dünne eiserne Querstange 4 Fuſs lang angeschroben, woran sich kleine Ringe *F* und *G*, Fig. 45., befinden. Bei *H* ist ebenfalls ein kleiner Ring, der mittelst einer Schraube an die Stange *ED* fest und los geschroben werden kann, im Fall man das Instrument heraufschieben will. Nachdem man nun das Instrument *I* an die Stange *D* befestiget hat, so werden in *G*, *F* und *H* dünne Schnüre gebunden, die drei Mann regieren. Durch die Schnüre *GK* und *LF* wird die Stange so gehalten, daſs sie nicht von der Seite schwanken kann; durch die Schnur *HM* wird aber die senkrechte Richtung *ED* hervorgebracht. Ein vierter Mann stehet auf dem Gerüst bei *E*. Ist nun die Stange *ED* so tief herabgelassen, daſs *NE* nur noch 1 bis 2 Fuſs beträgt, so wird selbige bei *N* mit einer gezahnten Zange festgeschroben, und das bewegliche Stielstück *gfeh*, Fig. 46. und Fig. 47., in das unbewegliche Stielstück *fiklhef* eingepaſst und mittelst zweier Ueberwürfe *mno*, Fig. 47., befestiget. Auch kann man statt des beweglichen Stielstücks die Einrichtung so treffen, daſs an dem Stiel *C* sechs Krampen angebracht werden, worin die Stange *ED* gelegt, oder vielmehr angelehnt und neben dem Stiel festgehalten wird; alsdann müssen aber die Krampen, damit sie sich durchaus nicht drehen können, die trapezförmige Gestalt der Stange haben, und an der Hinterseite des Stiels durch Splinte befestiget werden. Durch solche Vorrichtung ist das Drehen und das Durchbiegen der Stange im oberen Theil ganz unmöglich, im unteren Theil verhindern dies die Schnüre *GK*, *LF* und *HM*. Hat man die Beobachtung 18 bis 20 Fuſs unter den Wasserspiegel gemacht, so werden die zwei Ueberwürfe *mno*, womit das bewegliche Stielstück befestiget war, so wie die Zange bei *N* gelöset, die Stange mittelst der drei Schnüre aus dem Wasser gehoben, die Umgänge des Instruments gezählt und aufgeschrieben, und dieses von neuem auf Null gestellt. Dabei wird das Messungsgeschäft ganz ungemein erleichtert, wenn man zwei Strumente zugleich

gleich an die Stange befestiget, weil für jede Perpendikuläre [nach No. 66. litt. *d* und No. 74.] zwei Beobachtungen völlig genügen. Damit aber die Stange *ED*, welche beim Herausnehmen des Instruments 20 Fuſs über das Gerüst bei *N* hervorragen würde, bei dem jedesmaligen Herausheben nicht schwanke und zu unbehülflich sei; so wird stets ein Stück der Stange von 5 Fuſs losgenommen, so wie dasselbe über das Gerüst *N* gehoben ist. Das Instrument *J* bleibt an der Stange *ED* unbeweglich; weshalb selbiges immer höher gehoben, und nach und nach bei *N* ein Stangenstück abgenommen wird, je nachdem man die Geschwindigkeit des Wassers in der Perpendikuläre näher nach der Oberfläche zu beobachten will, im Fall man nicht zwei Instrumente hat, die jedoch bei einem groſsen Geschäft fast ganz unentbehrlich sind.

Bis zu 2 Fuſs unter der Oberfläche des Wassers ist die genaue Messung der Geschwindigkeit mit dieser Vorrichtung und in beschriebener Art möglich: höher herauf haben die Wassertheilchen, die vom Schiff theils aufgestauet werden, theils mit beschleunigter Bewegung abflieſsen, eine ungleichförmige Bewegung; weshalb man sich alsdann sehr leicht der ersten Methode bedient.

Dadurch, daſs die Stange *DE* nicht fest auf dem Boden stehet, sondern nur nach der Richtung des Stroms ein wenig hin und her schwankt, welches sehr durch das straffe Anziehen der Schnur *HM* verhindert werden kann, wird das Zittern der Stange ungemein vermindert. So mühsam bei dieser Vorrichtung das Beobachten scheint, so schnell gehet doch alles von Statten, wenn die Gehülfen gehörig eingeübt sind.

122. *Dritte Methode.*

Wenn man die Geschwindigkeit des Wassers nahe am Grunde des Stromschlauchs bei einer gröſseren, als 2füſsigen, Tiefe beobachten will.

Ist die Wassertiefe z. B. 46 Fuſs, so ist man genöthiget unten an der Stange *DE*, Fig. 44. und Fig. 45., bei *D* eine eiserne Spitze zu befestigen, selbige im Grunde festzustellen, und übrigens so zu verfahren, wie bereits (No. 120. und 121.) gelehrt ist.

123. Zur gröſseren Genauigkeit und Sicherheit dient es noch, wenn der Woltmannsche Strommesser so eingerichtet wird, daſs seine Flügel unter 45 höchstens 55 Grad unbeweglich gestellt sind, und der Werth eines Umlaufs nach dieser Stellung der Flügel durch genaue Ajustirung im stehenden Wasser ausgemittelt ist. Ferner: daſs kein Ruder am Instrument angebracht wird; daſs sich selbiges gar nicht um seine Axe drehen kann, sondern, wenn es einmal an die Stange angeschroben ist, ganz unverrückt stehen bleibt. Endlich: daſs, dem Werth eines Umlaufs gemäſs, eine Tabelle berechnet wird, die den Gebrauch des Instruments ganz ungemein erleichtert.

124. Daſs das Zittern, das Hin- und Herschwanken, oder das verschiedenartige Ajustiren des Instruments keinen bemerkbaren Nachtheil für die Umläufe und deren Werth hat, kann ich auf nachstehende Art beweisen.

Wenn der Stoſswinkel meines groſsen Strommessers 55 Grad betrug, und jemand nahm das Instrument in die Hand und führte dasselbe auf eine bestimmte Länge unter dem stillstehenden Wasser fort, er mogte geschwind oder langsam gehen; so wurde im Jahr 1802 der Werth eines

Umlaufs = n = 2,487 gefunden. Herr Conducteur Schwarz fand im Jahr 1803 für denselben Stofswinkel, wenn das Instrument an der Spitze eines Schiffchens unter dem Wasser befestiget war, und so durch stillstehendes Wasser gezogen wurde, n = 2,562. Herr Regierungsrath Bauer fand im Jahr 1816 mit demselben Instrument, jedoch nach einer etwas veränderten Ajustirungsmethode, n = 2,3911: der Mittelwerth ist daher n = 2,4801.

Eben so fand Herr Schwarz für meinen kleinen Strommesser, ebenfalls für den Stofswinkel von 55 Grad, n = 1,191; Herr Bauer n = 1,13102; ich n = 1,12140.

Für meinen grofsen Strommesser, bei einem Anstofswinkel von 45 Grad, fand Herr Schwarz, im Jahr 1803, n = 3,564; Herr Bauer im Jahr 1816 n = 3,40435.

125. Um mir die Ueberzeugung zu verschaffen, ob die Resultate des Woltmannschen Flügels auch mit den Resultaten schwimmender Körper übereinstimmten, liefs ich folgende Versuche anstellen.

Es wurden neben dem Ufer eines Kanals von 20 zu 20 Fufs Pfähle geschlagen, die Pfahlköpfe beim kleinsten Wasserstande genau nivellirt, und so für jeden höheren Wasserstand die Neigung des Wasserspiegels leicht gefunden, wenn man nur die Höhe mafs, um welche die Pfahlköpfe aus dem Wasser hervorragten. Die Breiten des Kanals waren so wenig wie die Querschnitte gleich, öfters sehr verschieden, betrugen jedoch nie über 10 Fufs. Zur Messung der Geschwindigkeiten in der Oberfläche des Wassers bediente man sich einer gläsernen Kugel von einem Zoll im Durchmesser. Die Zeit, in welcher die Kugel 20 Fufs (nämlich von einem Pfahl zum andern) zurückgelegt hatte, wurde genau in Secunden aufgezeichnet. Dabei fand sich denn oft, dafs die Kugel, wenn sie in den 1sten, 2ten oder 3ten Wasserfaden gesetzt war, sich jedesmal in denjenigen Faden hineinzog, worin sich die gröfste Geschwindigkeit befand; daher war es gar nicht möglich, die Geschwindigkeit des Wassers in drei Stromfäden zu messen. Oefters stiefs die Kugel an ein Blättchen u. s. w. und der Versuch mufste wiederholt werden.

Um die Geschwindigkeit des Wassers nahe am Boden zu beobachten, bediente man sich ebenfalls einer gläsernen Kugel, die so weit mit Wasser angefüllt war, dafs sie einige Zoll hoch über dem Boden schwamm. Sie war an einen Faden und dieser wieder an einen Stab befestiget. Wenn nun der Versuch gemacht werden sollte, so nahm der Beobachter den Stab in die Hand, und richtete seinen Gang neben dem Kanal genau so ein, dafs der Faden durchaus nicht straff angezogen wurde, sondern noch locker auf der Oberfläche des Wassers schwamm. Bei dieser Vorrichtung ergaben sich nun mehrere Mängel.

Erstens schwamm öfters die Kugel 100 Fufs ohne Unterbrechung nahe über dem Boden; vergröfserte sich aber die Geschwindigkeit des Wassers in einem Querschnitt merklich, so stieg die Kugel plötzlich auf oder nahe unter die Oberfläche empor. Oefters stiefs sie auch an den Boden an, und der Versuch mufste wiederholt werden.

Zweitens flofs auch hier nicht die Kugel in der Richtung der ihr vorgeschriebenen drei Stromfäden, sondern wurde stets dahin gelenkt, wo die gröfste Geschwindigkeit an dem Kanalboden vorhanden war.

Drittens wurde die Geschwindigkeit des Wassers mit zwei Woltmannschen Strommessern von ungleicher Gröfse und ungleichen Anstofswinkeln gemessen.

Der Anstofswinkel des grofsen betrug 45, des kleinen 55 Grad. Die Resultate dieser Messungen waren:

Nro. der Beobachtungen.	Mit der schwimmenden Kugel.	Mit den Woltmannschen Strommessern,	
		dem kleinen.	dem grofsen.
65	0,2712	0,2841	—
66	0,5561	0,5790	—
67	1,0600	1,0530	—
68	1,3060	1,0470	—
69	0,2650	0,2879	—
70	0,6276	0,5784	—
71	1,1270	1,0255	—
72	1,4230	1,4860	—
73	1,5800	1,7276	1,717
74	2,1000	2,0420	2,043
75	2,7660	2,7420	2,790
76	2,4280	2,3910	—
77	1,5260	1,1230	—
78	1,2340	1,1910	1,22

Vergleicht man (No. 79.) die Brüningsschen Versuche, die mit schwimmenden Körpern und seinem Tachometer angestellt sind, mit denen des Woltmannschen Flügels und der schwimmenden Kugel; so ergiebt sich daraus die grofse Genauigkeit des Woltmannschen Flügels, wenn man überdem erwägt, dafs nur mittelst des grofsen Flügels die Geschwindigkeit 8 Zoll, und mit dem kleinen 4 Zoll unter der Oberfläche gefunden werden konnte.

126. Aus dieser Anleitung ersieht man also, worauf man Rücksicht zu nehmen hat, wenn richtige hydrometrische Messungen angestellt werden sollen, und wie die Messungen wirklich bewerkstelliget worden sind, die ich in den Beobachtungen No. 251. bis No. 641. mittheile.

Diese Einsicht, so wie die Ueberzeugung von der grofsen Vorzüglichkeit des Woltmannschen Strommessers, und von der ausnehmenden Leichtigkeit seines Gebrauchs, war nothwendig, um jedem Mifstrauen, welches man vielleicht in meine Beobachtungen setzen mögte, zu begegnen, und diesen dadurch ihren Zweck zu sichern, über auffallende Erscheinungen, welche bei der Bewegung des Wassers in Strombetten angetroffen werden, gröfstentheils belehrende Auskunft zu geben. Und so bin ich der Ueberzeugung, dafs diese Verfuche die Bürgschaft ihres bleibenden Werthes, den Kenner nicht übersehen werden, in der Genauigkeit und Zuverläfsigkeit finden, womit sie angestellt worden sind.

Zweiter Abschnitt.

Betreffend die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in irgend einem Querschnitt des Stroms, das Wasser mag gleichförmig, beschleunigt oder verträgt abfliefsen.

X.

Von der bewegenden Kraft des Wassers in fliefsenden Gewässern.

127. Heifst der Masse M bewegende Kraft P, so ist nach den Grundsätzen der Mechanik die beschleunigende Kraft $F = \frac{P}{M}$. Ist demnach das Gefälle eines fliefsenden Wassers $= \alpha$, die dem Gefälle zugehörige Länge des Wasserspiegels $= L$, der Querschnitt des Wassers $= Q$, so verhält sich das absolute Gewicht zum respectiven, wie die Länge der schiefen Ebene $= L$ zu ihrer Höhe $= \alpha$; daher ist die beschleunigende Kraft, die der Schwere $= 1$ gesetzt, $F = \frac{\alpha}{L} Q : Q = \frac{\alpha}{L}$ (weil für die Länge $= 1$ die Masse $M = Q$, und die bewegende Kraft der Masse $M = P = \frac{\alpha}{L} Q$ ist).

Die Beschleunigung derselben ist $\mathfrak{G} = g \frac{\alpha}{L}$ (wenn g die Höhe des freien Falls eines schweren Körpers in der ersten Secunde bezeichnet).

Die Geschwindigkeit, welche das Wasser durch diese Beschleunigung bei ungehinderter Bewegung erhalten würde, ist $= C = 2gt \frac{\alpha}{L}$ (wenn t die Zeit und C die Geschwindigkeit bedeutet).

Die bewegende Kraft eines Stroms $= \mathfrak{K}$ wird gefunden, wenn man die bewegte Wassermasse für den Querschnitt Q, auf eine gewisse Länge gemessen, mit ihrer beschleunigenden Kraft multiplicirt. Wird nun jene Länge $= 1$, das specifische Gewicht des Wassers ebenfalls $= 1$ und als Maafs der beschleunigenden Kraft das Doppelte der Beschleunigung, oder die bei freier Bewegung nach der ersten Zeiteinheit erlangte Geschwindigkeit angenommen, so ist $\mathfrak{K} = 2gQ \frac{\alpha}{L}$.

128. In Fig. 4. sei das Gefälle $ab = \alpha$, die dazu gehörige Länge $af = L$, der Flächeninhalt des Querschnitts $fd = Q$. Eben so sei im unterhalb belegenen Querschnitt $fe = \beta$, $fk = \lambda$ und

$ki = q$; so ist die bewegende Kraft, welche dem Querschnitt Q entspricht, $= \mathfrak{K} = 2gQ\frac{a}{L}$, und die dem Querschnitt q zugehörige $= \mathfrak{k} = 2g\frac{q\beta}{\lambda}$. Es verhält sich daher $\mathfrak{K} : \mathfrak{k} = \frac{aQ}{L} : \frac{\beta q}{\lambda}$,

XI.

Allgemeine Betrachtungen über den Widerstand in Strom- und Kanalbetten.

129. Stellt man sich vor, dafs Wasser, welches im Beharrungszustande ist, sich längs einer geneigten Ebene herunter bewegt; so mufs dasselbe, wenn sein Lauf durch nichts gehindert wird, eine beschleunigte Bewegung annehmen, oder immer schneller fliefsen, je länger die Bewegung dauert; auch selbst wenn die schiefe Ebene nach und nach weniger Neigung erhalten sollte. Die Querschnitte dieses strömenden Wassers würden veränderlich seyn, und stets bis zu ihrem Recipienten (nämlich dem Flufs oder dem Meer, worin es sich ergiefst) kleiner werden, und zwar in dem Verhältnifs, als die Geschwindigkeit gröfser ist, weil durch jeden Querschnitt in gleicher Zeit eine gleiche Wassermenge abfliefsen soll.

Wenn nun gleich alle Flüsse von ihrer Quelle ab bis zum Meer Gefälle haben; so findet man doch gröfstentheils, dafs ihre Geschwindigkeit nach dem Meer hin abnimmt, und die Querschnitte gröfser werden; es müssen daher Widerstände vorhanden seyn, welche die Bewegung des Wassers aufheben, und dadurch die Geschwindigkeit desselben verzögern. Dergleichen Widerstände giebt es nun mehrere Arten, wovon der gröfste Theil an der Wandfläche des Querschnitts, oder allgemein: an der Wand des Wasserbetts angetroffen wird. Eine flüssige Masse also, wie das Wasser, die durch einen Stromschlauch abfliefst, der lang genug ist, um das Wasser in den Beharrungszustand zu bringen, leidet Widerstände, welche als verzögernde Kräfte angesehen werden können und müssen, deren Werthe von derselben Ordnung sind, wie die, welche die der Schwere zugehörige beschleunigende Kraft bestimmt.

130. Hieraus folgt: dafs die verzögernden Kräfte die Wirkung der Schwere nicht nur um eine bestimmte Gröfse vermindern, sondern auch selbst ganz aufheben, und die Bewegung zur Gleichförmigkeit bringen können.

131. Die Widerstände, welche in dem Bett irgend eines fliefsenden Gewässers angetroffen werden können, sind dreifacher Art:

Beständige Widerstände, die sowohl in offenen Gerinnen als in Strombetten bei einer gleichförmigen und beschleunigten Bewegung des Wassers vorkommen müssen, und die hauptsächlich von der Anhänglichkeit und Klebrigkeit der Wassertheilchen entstehen.

Oertliche Widerstände, die in allen Wasser- und Strombetten angetroffen werden, die aus Erde, Sand, Kies und abgenutzten Steinen bestehen. Sie werden jedesmal da angetroffen, wo das Wasser bald steigend, bald von der Seite abgelenkt aus irgend einem oberhalb belegenen Querschnitt Q in den unterhalb belegenen verengten Querschnitt q einströmt. Das Wasser wird alsdann abwechselnd verzögert und beschleuniget.

Verträgt wird es im Querschnitt Q durch irgend einen unterhalb belegenen verengten Querschnitt q; jedoch fliefst das Wasser mit gleichförmiger Bewegung, aber nicht frei ab; beschleuniget wird es aber in dem Querschnitt q, weil oberhalb desselben das Wasser aufgestauet ist.

Anmerk. [Zu den örtlichen Widerständen zählte man auch bisher, jedoch mit Unrecht, die Stromkrümmungen; sie verdienen aber eine ganz besondere Untersuchung, weshalb ich sie werde folgen lassen, wenn die zufälligen Widerstände abgehandelt sind.]

Zufällige Widerstände, die nur zu Zeiten im Jahr, oder ganz zufällig vorhanden sind, und auf die Verzögerung des Wassers Einfluss haben können.

XII.

Von den Widerständen, die durch die Klebrigkeit und Anhänglichkeit der Wassertheilchen in irgend einem Flufsbett entstehen; und von der Bestimmung der mittlern gleichförmigen Geschwindigkeit in einem Querschnitt, dessen Wasser frei abfliefst.

132. Die Wassertheilchen hängen beinahe mit allen Körpern, mit welchen sie in Berührung kommen, zusammen. Das an der Wandfläche hingleitende Wasser, welches an die Berührungsfläche anklebt, wird hauptsächlich durch die Klebrigkeit (Adhäsion) verzögert, indem es sich von jener Fläche losreifsen mufs. Je gröfser also die Wandfläche oder der Umfang des Querschnitts ist, desto gröfser wird die Verzögerung des Wassers seyn, welches daran klebt und losgerissen werden mufs. Und hierdurch erhält die Bewegung des Wassers eine Ursache seiner Gleichförmigkeit, die nie statt finden würde, wenn nicht verzögernde Kräfte an der Wand des Wasserbetts vorhanden wären.

133. Die Wassertheilchen hängen unter einander selbst zusammen, so dafs, wenn man eins dieser Theilchen von der horizontalen Oberfläche einer stillstehenden flüssigen Masse erheben will, man neben seinem Gewicht auch noch einen Widerstand überwinden mufs, welcher von seiner Anhänglichkeit und seinem Zusammenhang mit den benachbarten Theilen herrührt. Dieses Bestreben zweier Körper, bei einander zu bleiben, nennt man daher Cohäsion.

134. Die Wirkung aus der Verzögerung der Wassertheilchen vom Grundbett aufwärts bis zum Wasserspiegel, und das Zusammenhängen jedes Wasserfadens mit den nächstliegenden, ist also die einzige denkbare Ursache von Aufhebung der Beschleunigung, welche die Schwere der flüssigen Masse einzuprägen strebt.

Anmerk. [Gilbert's Annalen der Physik, 5ter Band, Halle 1800, S. 169. u. f. enthalten einen sehr schätzbaren Aufsatz vom Herrn Professor Gerstner: über die Flüssigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Man wird daraus belehrt, dafs auch die Wärme nicht etwa unbedeutende, sondern sehr beträchtliche Aenderungen in der Bewegung des Wassers verursacht; dafs der Widerstand, welchen das fliefsende Wasser leidet, nicht allein in äufseren Ursachen, sondern auch in der Flüssigkeit des Wassers selbst zu suchen sei; dafs die Aenderungen, welche die Wärme in den Geschwindigkeiten des Wassers hervorbringt,

beträchtlicher bei Röhren von einem kleineren, als bei Röhren von einem gröfseren Durchmesser sind, und dafs sie bei kleinern Geschwindigkeiten ansehnlicher als bei gröfseren werden. Der Einfluss der Wärme ist am gröfsten in der Nähe des Gefrierpunkts. Die Dubuatsche Formel gilt [wenigstens bei diesen Röhren] für keinen bestimmten Wärmegrad.

Auf grofse Gräben, Kanäle, Flüsse und Ströme, wovon hier die Rede ist, hat aber diese Erscheinung keinen so wesentlichen Einfluss, dafs selbige in Betracht gezogen zu werden verdiente.

Die Widerstände, die von der Adhäsion und Cohäsion des Wassers herrühren, üben auf die Verzögerung in den Wasserbetten, die in Erde ausgehöhlt sind, einen weit gröfsern Einfluss, als jene Erscheinung, aus. Eine sehr interessante Abhandlung findet man auch noch in Gilbert's Annalen der Physik, fünf und zwanzigster Band, Halle 1807. S. 121. u. f. vom Grafen von Rumford: über die Adhäsion der Wassertheilchen unter einander. Folgendes verdient besonders hier daraus angeführt zu werden:

Was wir von unserer Kindheit an täglich zu sehen gewohnt sind, wird für uns selten ein Gegenstand des Nachdenkens, und pflegt kaum noch unsere Aufmerksamkeit zu fesseln. Wir sehen, ohne in Erstaunen zu gerathen, den Wind ganze Wolken von Staub aufheben und weit wegführen; und doch wissen wir, dafs jedes Staubtheilchen wahre Felsmasse ist, dreimal specifisch schwerer als Wasser, und so grofs, dafs die Gestalt desselben sich unter einem guten Mikroskope vollkommen erkennen läfst. Und ohne Verwunderung sehen wir gleich daneben den Wind über Wasser hinstreichen, das weit leichter als der Staub ist, und dessen Theilchen noch ohne Vergleichung kleiner sind, ohne dafs das Wasser auf dieselbe Art vom Winde fortgeführt wird.

Wir können uns nicht besser davon überzeugen, dafs die Wassertheilchen durch Adhäsion stark an einander gefesselt sind, ja dafs sie es seyn müssen, soll auf der Erde nicht alles aus dem Geleise kommen, als wenn wir uns die Folgen vorstellen, welche eintreten müfsten, wenn diese Kraft der Adhäsion in ihnen plötzlich aufgehoben würde. Da dann der Wind die Wassertheilchen noch sehr viel leichter als den feinsten und leichtesten Staub entführen würde, so müfste bei jedem starken und anhaltenden Winde, der vom Ocean her bliese, eine Ueberschwemmung entstehen: die Schifffahrt wäre nicht länger möglich, und die Ufer des Meers, der Seen und grofsen Ströme würden völlig unbewohnbar seyn. Dafs das Wasser in Masse beisammen bleibt, davon ist die Adhäsion der Wassertheilchen untereinander die Ursache. Sie bedeckt das Wasser an der Oberfläche mit einer sehr starken Haut, welche dasselbe schützt, dafs es nicht vom Winde zerstreuet wird. Ohne diese Adhäsion würde das Wasser flüchtiger als der Aether seyn, und wandelbarer als der Flugsand.

Sie ist auch die Ursache einiger andern Phänomene, welche für den Haushalt der Natur von der höchsten Wichtigkeit sind.

Die Klebrigkeit, welche aus der Adhäsion der Theilchen an einander entstehet, macht das Wasser geschickt, allerlei Körper aufgelöst zu erhalten, die leichtesten wie die schwersten, wenn sie nur in höchst feine Theilchen getheilt sind. Ich finde durch eine Rechnung, welche auf Thatsachen beruhet, die ich für ausgemacht halte, dafs ein Kügelchen reinen und feinen Goldes, dessen Durchmesser $\frac{1}{100000}$ Zoll betrüge, vermöge der Klebrigkeit des Wassers, in einer ruhigen Masse desselben schweben bleiben würde, selbst wenn es ringsum nafs wäre.]

155. Die in Bewegung befindlichen Wassertheilchen müssen von der Wasserrinde losgerissen werden, mit welcher sie zusammenhangen; und es wird erfordert, dafs bei einer doppelt so grofsen Geschwindigkeit, nicht nur doppelt so viele Wassertheilchen, sondern auch jedes Theilchen in halb so viel Zeit losgerissen werde, als bei der einfachen Geschwindigkeit: das heifst aber vier mal so

viel verrichten. Man könnte daher schliefsen, dafs sich die von der Adhäsion und Cohäsion herrührenden Widerstände, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten müssen.

Die französischen Mathematiker, Herr Chezy und Dubuat, haben wenigstens diesen Gegenstand so betrachtet, und die verzögernden Kräfte oder den Widerstand überhaupt $= nPV^2$ gesetzt (wenn P den Umfang der Wand, V die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts Q, und n eine abstracte Zahl, die aus Versuchen gefunden ist, bezeichnet).

Die Chezysche oder Dubuatsche Theorie von der gleichförmigen Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers.

136. Dem Grundsatz No. 130. gemäfs, ist daher die bewegende Kraft des Stroms $= \mathfrak{K} = 2gQ\frac{\alpha}{L}$ (No. 127.) den verzögernden Kräften oder dem Widerstande $W = nPV^2$ gleich; daher $2gQ\frac{\alpha}{L} = nPV^2$, oder $V = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{nPL}\right)}$ und $n = \frac{2gQ\alpha}{PLV^2}$. Also in zwei Gewässern, wo die Bewegung des Wassers beim freien Abfluſs gleichförmig geworden ist, verhält sich daher $2gQ\frac{\alpha}{L} : 2gq\frac{\beta}{\lambda} = nPV^2 : npv^2$, mithin ist $v = V\sqrt{\frac{PL}{Q\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{q\beta}{p\lambda}}$.

Demnach bestimmt sich v für das eine Gewässer unmittelbar aus q, p, β, λ, wenn für ein anderes $V\sqrt{\frac{PL}{Q\alpha}} = \sqrt{\frac{2g}{n}}$ bekannt ist; es geben nun aber die Beobachtungen $n = \frac{2gQ\alpha}{PLV^2} = 0{,}003783$.

[Nämlich: Q und q sind die Flächeninhalte der Querschnitte,
P und p die Umfänge,
α und β die Gefälle des Wasserspiegels,
L und λ die Längen, welche dem Gefälle α und β zugehören,
g die Höhe des freien Falles eines schweren Körpers in der ersten Secunde, und
n eine aus Versuchen gefundene abstracte Zahl,
V und v die mittleren Geschwindigkeiten der Querschnitte Q und q.]

137. Es läfst sich von vorn her einsehen, dafs für die abstracte Zahl (n) völlig übereinstimmende Werthe gefunden werden müssen, wenn das Wasser nach einer unveränderlichen Richtung fliefst; wenn alle Querschnitte einander gleich und ähnlich sind, wenn sich das Wasser durch jeden Querschnitt auf einerlei Art bewegt [d. h. wenn die Abnahme der Geschwindigkeit von der Oberfläche bis zum Boden in dem Verhältnifs wie 1 : 0,85 stehet, No. 67.]; wenn das Wasser frei und dabei gleichförmig abfliefst; und endlich, wenn der Wasserspiegel eine gleichförmig fallende Linie bildet, die mit dem Abhang des Bodens parallel ist.

Der Widerstand, der von der Adhäsion und Cohäsion herrührt, kommt alsdann allein nur in Betracht.

Unter

Unter diesen vielen Bedingungen, wovon keine einzige aufser Acht zu lassen ist, sind völlig übereinstimmende Werthe für (n) zu verlangen und auch zu erhalten. Denn es ist nöthig, hier auf den grofsen Unterschied aufmerksam zu machen, der zwischen Wasser statt findet, welches gleichförmig und frei, oder gleichförmig, und doch verträgt, abfliefst.

138. In einem Kanal *ADEF*, Fig. 63, der am Ende mit einem Ueberfall *ED* gesperrt ist, über welchen das Wasser frei in der Luft abfliefst, kann das verträgte Wasser von *A* bis *B* ganz gleichförmig fliefsen. Die Querschnitte sind als gleich und ähnlich zu erachten, weil das Gefälle *AH* sehr klein ist; allein bei übrigens gleichen Umständen würde bei dem Gefälle *AH*, welches der Länge *BA* zugehört, die mittlere Geschwindigkeit des Wassers vielleicht 14 mal gröfser seyn, wenn die Wassertheilchen frei und gleichförmig abfliefsen könnten, als wie es jetzt im verträgten Zustande geschehen kann. Denn die Druckhöhe oder das Gefälle *AH* mufs gröfstentheils dazu verwandt werden, um das Wasservolumen *ADET* aus der gleichförmigen in die beschleunigte Bewegung zu setzen, und die Wassertheilchen so zu pressen, dafs sie steigend über den Ueberfall *ED* abfliefsen: deshalb verhält sich auch vielleicht $C : V = 1 : 0{,}085$, statt beim freien und gleichförmigen Abfluls sich $C : V = 1 : 0{,}85$ verhält (No. 67.).

Dafs diese Darstellung wahr und naturgemäfs ist, darüber kann man sich durch die Beobachtungen No. 794. bis No. 799. völlig belehren; desgleichen durch die Darstellung No. 185.

139. Das Verhältnifs der Abnahme der Geschwindigkeit, von der Oberfläche nach dem Boden zu, ist also offenbar das Criterion, woran eine gleichförmige und freie Bewegung des Wassers erkannt werden kann und zu beurtheilen ist.

Herr Dubuat scheint diese Erscheinung nicht beachtet zu haben. Man sehe deshalb seine Grundlehren der Hydraulik, II. Theil S. 85.

No. seiner Versuche.	Geschwindigkeit an der Oberfläche C.	Geschwindigkeit am Boden S.	Mittlere Geschwindigkeit V.	Verhältnifszahlen.	
				$\frac{V}{C}$	$\frac{S}{C}$
121	6,05	2,03	4,59	0,7586	0,335
122	8,08	2,94	5,76	0,7192	0,361
123	7,82	2,94	6,32	0,8082	0,376
125	8,88	3,73	7,83	0,8817	0,426

u. s. w.

Man findet, dafs das Verhältnifs $\frac{V}{C}$ zu dem Verhältnifs $\frac{S}{C}$ mit andern Erfahrungen im grofsen Widerspruch stehet.

Denn nach allen genauen hydrometrischen Messungen bei gleichförmiger Bewegung und ganz

freiem Abflufs, müssen wenigstens die Werthe von $\frac{V}{C}$ zwischen den Grenzen von 0,85 und 0,8, und die Werthe von $\frac{S}{C}$ zwischen den Grenzen 0,7297 und 0,657 liegen (No. 67.), welches hier keinesweges zutrifft. Möglich ist es, dafs die Werthe von V richtig, hingegen die Werthe für C oder für S (die nach einer andern Methode gefunden wurden) nicht mit völliger Genauigkeit bestimmt sind; dies mufs ich auf sich beruhen lassen, nur anzuzeigen halte ich mich verpflichtet, dafs ich hierin die Ursache zu finden glaube, weshalb die Dubuatschen Werthe für (n) nicht unter sich völlig übereinstimmen; sondern nur für einen Mittelwerth $n = 0{,}003783$ geben.

140. Die Formel $V = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{nPL}\right)}$ ist nun ganz allgemein, ohne Rücksicht auf Zolle und Fufse, ohne Rücksicht auf Pariser und Rheinl. Maafs.

Man hat hierdurch nicht allein den Vortheil, dafs die Formel für alle Maafse gilt, und nicht auf die jedesmaligen bei den Versuchen gebrauchten Maafseinheiten eingeschränkt ist; sondern dafs man auch den Grund ihrer Entstehung stets übersieht, und beim Gebrauch selbst sehr leicht die nöthigen Abkürzungen machen kann. Uebrigens läfst sich jetzt der aus Erfahrung genommene Satz No. 56. ganz allgemein erweisen, nämlich, dafs eine Ungleichheit in den Pressungen unvereinbar mit der Gleichheit und Aehnlichkeit der Querschnitte ist. Denn behalten wir die in No. 136. eingeführten Gröfsen bei, so verhalten sich die Wassermengen $M : m = \frac{Q^3\alpha}{PL} : \frac{q^3\beta}{p\lambda}$. Es sollen aber für zwei Querschnitte in irgend einem fliefsenden Gewässer, das im Beharrungszustande ist $M = m$ seyn; daher $\frac{q^3\beta PL}{Q^3\alpha p\lambda} = 1$. Für $L = \lambda$ und $\beta > \alpha$ mufs $\frac{q}{p} < \frac{P}{Q}$ seyn; woraus sich also beweisen läfst, dafs eine Ungleichheit in den Pressungen unvereinbar mit der Gleichheit und Aehnlichkeit der Querschnitte ist.

141. Giebt es noch aufser dem Cohäsions- und Adhäsionswiderstand irgend verzögernde Kräfte im Wasserbett, die allen fliefsenden Gewässern gemein sind; und findet dabei eine gleichförmige Bewegung für freien Abflufs des Wassers statt: so gehören sie offenbar unter die beständigen Widerstände; und so wird man $V = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{nPL\mathfrak{W}}\right)}$ setzen, und (n) als den Widerstand selbst, die Gröfse $(\mathfrak{W})$ aber als einen Correctionsfactor ansehen müssen, der anzeigt, um wieviel mal der Widerstand (n) noch durch die anderweitigen beständigen Widerstände vermehrt wird. Es ist daher kaum zu erinnern nöthig, dafs die Gröfse $(\mathfrak{W})$ nie kleiner als 1 seyn und werden kann, wenn der Widerstand n noch wachsen soll: übrigens ergiebt sich $\mathfrak{W} = \frac{2gQ\alpha}{nPLV^2}$. Dieser Werth von $\mathfrak{W}$ kann also in der Bedeutung, wie er hier genommen wird, nie kleiner als 1, geschweige gar $= 0$ werden. Auch sieht man leicht ein, dafs der Ausdruck $V = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{nPL\mathfrak{W}}\right)}$

gerade diese Gestalt erhalten muſs, damit, wenn unter gewissen Umständen (23) wegfällt, dies auf die übrigen Werthe keinen Einfluſs habe.

Anmerk. [In ähnlicher Art hat auch Herr Prony in seiner Abhandlung: Recherches physico-mathematiques sur la théorie des eaux courantes, Paris 1804. §. 229. den Widerstand der von den Wasserpflanzen herrührt, betrachtet.

142. Für rechtwinklige Querprofile, wenn H die Höhe und B die Breite ist, erhält man $Q = BH$, $P = B + 2H$; daher ist in diesem Fall die mittlere Geschwindigkeit $V = \sqrt{\left(\frac{2gBH\alpha}{n(B+2H)L}\right)}$.

143. Die Breite des Profils $B = \frac{2nLV^2H}{2g\alpha H - nLV^2}$.

144. Die Höhe des Profils $H = \frac{nLV^2B}{2(g\alpha B - nLV^2)}$.

145. Das Gefälle $\alpha = \frac{nLPV^2}{2gQ}$.

146. Die Länge, welche zum Gefälle α gehört, $L = \frac{2gQ\alpha}{nPV^2}$.

147. Wird durch irgend einen aufserordentlichen Zufluſs die Höhe im Wasserbett vergröſsert, so hat dies (No. 90.) eine Vermehrung der mittleren Geschwindigkeit und des Gefälles zur Folge. Findet dabei gleichförmige Bewegung statt und bezeichnen H' und α' die neue Wassertiefe und das neue Gefälle, so wie V' die entsprechende mittlere Geschwindigkeit, bei übrigens gleichen Umständen, so verhält sich

$$V : V' = \sqrt{\left(\frac{BH\alpha}{B+2H}\right)} : \sqrt{\left(\frac{BH'\alpha'}{B+2H'}\right)}.$$

Sind die Gefälle nicht verschieden und die Wasserbetten so breit, daſs man ohne bedeutenden Irrthum $B + 2H = B + 2H'$ annehmen kann, so erhält man $V : V' = \sqrt{H} : \sqrt{H'}$.

148. Wird die Wassermenge, welche in jeder Secunde durch den Querschnitt eines Flusses läuft $= M$ gesetzt, so ist in Verbindung mit den vorher eingeführten Gröſsen, die Wassermenge

$$M = QV = \sqrt{\left(\frac{2gQ^3\alpha}{nPL}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2gB^3H^3\alpha}{n(B+2H)L}\right)}.$$

149. Der Inhalt des Querschnitts $Q = \sqrt[3]{\left(\frac{nPLM^2}{2g\alpha}\right)}$.

150. Der Umfang oder die Wand des Querschnitts $P = \frac{2gQ^2\alpha}{nLM^2}$.

151. Die Breite des rechtwinkligen Profils $B^3 - \left(\frac{nLM^2}{2gH^3\alpha}\right)B - 2\left(\frac{nLM^2}{2gH^3\alpha}\right)H = 0$.

152. Die Höhe des rechtwinkligen Profils $H^3 - 2\left(\frac{nLM^2}{2gB^3\alpha}\right)H - \left(\frac{nLM^2}{2gB^3\alpha}\right)B = 0$.

153. Das Gefälle $\alpha = \frac{nPLM^2}{2gQ^3}$.

154. Die Länge, welcher das Gefälle α zugehört, $L = \frac{2gQ^3\alpha}{nPM^2}$.

Pronysche Theorie von der gleichförmigen Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers.

155. Herr Prony urtheilt über die verzögernden Kräfte, die von der Klebrigkeit und Anhänglichkeit der Wassertheilchen herrühren, anders als Herr Dubuat. Er drückt hypothetisch den Widerstand durch $(C + \alpha V + \beta V^2)P$ aus, und führt so den, für die abstracte Analyse arithmetisch richtig ausgedrückten Satz, daſs $C + \alpha V + \beta V^2 = \frac{2gQ\alpha}{PL}$ seyn müsse, ein, um das Gesetz zu entdecken, nach welchem die Natur die Verzögerung der Bewegung bewirkt; indem jene Voraussetzung analogisch richtiger zu seyn scheint, als diejenige, welche den Einfluſs der Widerstände bloſs von dem Quadrat der Geschwindigkeit abhängig macht, zumal da auf solche Weise der Natur eine weniger beschränkte Form vorgeschrieben wird. Denn je schneller sich das Wasser bewegt, desto mehr Wassertheilchen kommen in gleicher Zeit mit den Wänden in Berührung; daher muſs der Widerstand ein Glied enthalten, worin die erste Potenz der Geschwindigkeit vorkommt. Aus dem No. 135. angeführten Grund, muſs aber auch der Ausdruck des Widerstandes ein Glied enthalten, worin die zweite Potenz der Geschwindigkeit begriffen ist. Auſserdem bezeichnet (C) ein constantes, die von der Geschwindigkeit unabhängigen Widerstände darstellendes Glied, von dem Herr Prony vermeint, daſs es in den Fällen der wirklichen Ausübung, gegen die folgenden mit V veränderlichen Theile der Reihe, unbeträchtlich sei. Endlich sind (α) und (β) beides bestimmte Coefficienten, also Zahlen, die durch Interpolation gefunden werden. Hingen die Widerstände, welche von der Adhäsion und Cohäsion herrühren, wirklich nur von der zweiten Potenz ab; so würde sich aus den Beobachtungen $\alpha = 0$ ergeben. Aber nach den Versuchen, die bei der Interpolirung zum Grunde gelegt sind, ist dies nicht der Fall, sondern Herr Prony findet, alle Gröſsen in Meter ausgedrückt:

$$\alpha = 0{,}000436 \text{ und } \beta = 0{,}003034, \quad 2g = 4{,}9043975 \text{ Meter; daher}$$

$$0{,}000436\, V + 0{,}003034\, V^2 = \frac{2gQ\alpha}{PL}, \text{ also}$$

$$V = -0{,}07 + \sqrt{(0{,}005 + 3{,}033\, RI)}, \text{ wenn } \frac{Q}{P} = R \text{ und } \frac{\alpha}{L} = I \text{ gesetzt wird.}$$

Im Rheinländischen Fuſsmaaſs ausgedrückt, ist daher

$$V = 3{,}187\,[-0{,}07 + \sqrt{(0{,}0049 + 1014\, RI)}],$$

und die Wassermenge M in einer Secunde

$$M = 3{,}187\, Q\,[-0{,}07 + \sqrt{(0{,}0049 + 1014\, RI)}].$$

Die Eytelweinsche Theorie von der gleichförmigen Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers.

156. In den Denkschriften der Königl. Berliner Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1814 bis 1816, Berlin 1818, ist so eben die Abhandlung: Untersuchung über die Bewegung des Wassers von dem Königl. Preuſs. Oberlandes-Baudirektor Herrn Eytelwein erschienen. Diese unschätzbare Abhandlung zeichnet sich durch ihre Allgemeinheit und durch die beispiellose Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung in groſsen Flüssen und Strömen vor allen bisher bekannten ganz vorzüglich aus.

Herr Eytelwein handelt am Schluſs derselben, §. 13. bis §. 16., von der Bewegung des Wassers in oben offenen Kanälen, wenn dabei eine regelmäſsige Gestalt der Fluſsbetten vorausgesetzt wird, nämlich: daſs in einem Stromrevier das Bette, das Gefälle und die Wassertiefe unverändert bleibt. Die Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers in regulären Fluſsbetten ist alsdann in dem Maaſs eines jeden Landes

$$C = -0{,}0067675\,g + \sqrt{(557{,}798\,g\,\frac{ah}{pl} + 0{,}0000458\,g^2)};$$

dabei bezeichnet

g den Raum, welchen ein Körper in der ersten Secunde frei durchfällt;
a den Querschnitt des Fluſsbettes;
p den Umfang desselben;
l die Länge des Fluſsbettes, welcher ein Gefälle $= h$ entspricht;
$\frac{h}{l}$ den Abhang des Fluſsbettes, welches mit dem Wasserspiegel parallel läuft; und
C die mittlere Geschwindigkeit.

Für Rheinl. oder Preuſs. Fuſsmaaſs ist $C = -0{,}1057 + \sqrt{(8715{,}6\,\frac{ah}{pl} + 0{,}01118)}$.

Für Rheinl. oder Preuſs. Zollmaaſs $C = -1{,}2748 + \sqrt{(105070\,\frac{ah}{pl} + 1{,}6251)}$.

Für Pariser Zollmaaſs $C = -1{,}2261 + \sqrt{(101059{,}7\,\frac{ah}{pl} + 1{,}503356)}$.

Für Baierisches Fuſsmaaſs $C = -0{,}1137 + \sqrt{(9370{,}9\,\frac{ah}{pl} + 0{,}0124)}$.

Für Hanöversches Fuſsmaaſs $C = -0{,}11346 + \sqrt{(9355{,}8\,\frac{ah}{pl} + 0{,}01289)}$.

u. s. w.

157. Die Abweichung der Dubuatschen von der Pronyschen und Eytelweinschen Theorie ist für die Ausübung nicht von Bedeutung; davon überzeugt man sich hinreichend durch die Beobachtungen No. 85. bis No. 138., wo V' die Rechnungsresultate der Dubuatschen, und V'' die Rechnungsresultate, nach der Eytelweinschen Formel, bezeichnen. Deshalb ist es auch verstattet, ohne Nachtheil besorgen zu dürfen, in der Ausübung von ersterer, wegen ihrer groſsen Einfachheit, Gebrauch zu machen, wofern nicht die gröſste Genauigkeit erfordert wird.

Die Beobachtungen No. 85. bis No. 115. dienen vorzüglich dazu, das Maaſs der Abweichung der aus den vorstehenden Formeln abgeleiteten Resultate, mit den Resultaten der Erfahrung zu vergleichen.

Von den Beobachtungen No. 116. bis No. 138. ist diese groſse Uebereinstimmung nicht zu erwarten. Die Gründe werden in No. 214. überzeugend angegeben.

A. Hydrometrische Messungen, wenn der Wasserspiegel eine gleichförmig fallende Linie bildet.

Dicht oberhalb der Stadt Vlotow sind an dem Fährseil, welches über die Weser gespannt ist, in einem und demselben Querschnitt, bei einem Wasserstande von 3,38 bis 12,93 Fuſs, über dem kleinsten, 16 Beobachtungen gemacht, und in Funk's Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst, Lemgo 1808, S. 89., achtzehnte Tabelle, zusammengestellt. Dabei bezeichnet $\mathfrak{h}$ den Wasserstand über dem kleinsten, B die Breite des Querschnitts, H die mittlere Wassertiefe, Q den Flächeninhalt des Querschnitts, P den Umfang, F das Gefälle des Wasserspiegels, L die Länge, auf welche der Wasserspiegel dies Gefälle von F Fuſs hat, λ den Quotienten $\frac{L}{F}$, woraus der Abhangsquotient $\frac{1}{\lambda}$ gefunden wird; U die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche; V die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts; M die Wassermenge für eine Secunde; V' die berechnete mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts nach der Formel $V' = \left(\frac{2gQ\alpha}{nPL}\right)^{\frac{1}{2}}$; V'' die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts nach der Formel (No. 156.): $V'' = -0{,}1057 + \sqrt{(8715{,}6\,\frac{\alpha k}{pl} + 0{,}01118)}$. Alle Gröſsen in Rheinl. Fuſsmaaſs ausgedrückt.

No.	$\mathfrak{h}$	B	H	Q	P	F	L	λ	U	V	M	V'	V''
85	3,38	334	6,608	2207	337	—	—	2434	4,939	4,809	10616	4,7179	4,7380
86	4,34	350	7,260	2540	358	—	—	2300	5,338	5,183	13176	5,0865	5,4170
87	4,73	358	7,500	2684	360	—	—	2587	5,138	4,984	13378	4,8749	4,9072
88	4,88	360	7,600	2738	363	—	—	2300	4,945	4,805	13751	5,2070	5,2415
89	5,22	365	7,830	2861	368	—	—	2760	5,316	5,150	14738	4,8231	4,8502
90	6,21	383	8,425	3230	386	—	—	2587	5,621	5,434	17549	5,1698	5,2048
91	6,57	386	8,640	3338	390	—	—	2179	6,297	6,114	20411	5,6971	5,7462
92	6,755	387	9,090	3418	390	—	—	2179	6,333	5,781	19763	5,7648	5,8157
93	7,2	392	9,140	3583	396	—	—	2179	6,593	6,352	22767	5,8553	5,9111
94	7,62	396	9,520	3777	400	—	—	2435	6,742	6,485	24494	5,6591	5,7183
95	9,72	413	11,190	4624	418	—	—	1971	7,373	7,043	32568	6,8140	6,8571
96	10,25	421	11,500	4845	426	—	—	1881	7,663	7,311	35425	7,0657	7,1538
97	10,62	426	11,920	5087	430	—	—	2070	7,648	7,285	37049	6,8679	6,9528
98	11,09	429	12,110	5202	433	—	—	1881	7,715	7,342	38198	7,2646	7,3561
99	11,85	437	12,650	5532	441	—	—	1881	8,108	7,698	42585	7,2408	7,3180
100	12,93	459	13,110	6016	464	—	—	1817	8,095	7,677	46184	7,6787	7,7811
	Nachstehende Beobachtungen sind ebenfalls in einem und demselben Querschnitt der Weser am Fährseil bei Hausberge angestellt. S. Funk's Beiträge etc. S. 85., dreizehnte Tabelle.												
101	4,40	368	9,290	3419	373	—	—	5000	4,144	3,949	13501	3,8920	3,8932
102	5,13	376	9,840	3700	382	—	—	5000	4,440	4,261	15769	4,0035	4,0046
103	5,81	376	10,490	3946	386	—	—	4615	—	4,622	18241	4,2782	4,2894
104	6,41	384	11,900	4486	390	—	—	4615	5,272	5,036	21080	4,3866	4,3978
105	7,70	404	11,685	4722	406	—	—	5400	—	4,784	22591	4,2186	4,2283
106	9,78	453	12,377	5607	457	—	—	3085	—	6,379	35772	5,7325	5,7827
107	11,09	472	13,118	6192	471	—	—	4009	—	5,205	32232	5,2040	5,2422
	Die folgenden Beobachtungen sind am Petershager Schloſs in einem und demselben Querschnitt angestellt. S. Funk's Beiträge S. 92., zwei und zwanzigste Tabelle.												
108	2,21	537	2,933	1575	537	—	—	1818	—	3,520	5644	3,6510	3,6467
109	3,30	551	5,931	2168	552	—	—	1818	—	4,058	8798	4,2256	4,2349
110	9,30	639	8,605	5503	640	—	—	3923	—	4,622	25463	4,2556	4,2678
111	10,13	640	9,873	6319	641	—	—	3251	—	5,189	32791	5,0056	5,1420
112	10,21	642	9,927	6373	645	—	—	3251	—	5,019	31981	5,9130	5,0502

No.	$\mathfrak{h}$	B	H	Q	P	F	L	λ	U	V	M	V′	V″
Am Fährseil beim Vorwerk Hünerberg in einem und demselben Querschnitt. S. Funk's Beiträge S. 92,, zwei und zwanzigste Tabelle.													
113	5,884	400	7,049	2819	402	—	—	6000	—	3,225	9088	3,1076	3,0881
114	11,050	571	12,731	7370	573	—	—	6830	—	4,360	32133	4,2696	4,2803
115	11,130	537	12,940	7415	575	—	—	5223	—	4,516	33488	4,5167	4,5344

Hydrometrische Messungen mit schwimmenden Stäben, in den Strombezirken des Rheins, der Waal und der Yssel, zwischen Emmerich, Arnheim, Nymegen, im Jahre 1812 angestellt. Selbige findet man in der Verzameling von hydrographische en topographische Warnemingen in Holland door den Oud-Minister van Oorlog, C. R. Krayenhoff, te Amsterdam 1813, S. 204. bis 209. Sie sind merkwürdig, theils weil sie noch gut genug mit den Formeln für die gleichförmige Bewegung des Wassers übereinstimmen, theils weil der Abhangsquotient $\frac{1}{\lambda}$ aus meilenweiten Entfernungen abgeleitet ist. Ein solches Verfahren könnte alsdann nur richtig und zulässig seyn, wenn der Strom nicht allein im Beharrungszustande ist, sondern auch eine solche reguläre Bahn hat, dafs seine Querschnitte gleich und ähnlich sind, und der Wasserspiegel eine gleichförmig fallende Linie bildet.

Ob dies nun hier der Fall gewesen ist, ersieht man aus der gröfseren oder geringeren Uebereinstimmung der Rechnungsresultate mit den Erfahrungen. Alle Gröfsen sind im Rheinländischen Fufsmaafs ausgedrückt, und es ist nur noch zu erinnern, dafs bei diesen Beobachtungen, die den 20sten und 24sten Juni 1812 aufgenommen wurden, das Wasser am Emmericher Pegel 5,7083, zu Pannerden 8,0451, zu Hulhuisen 8,7083, und zu Arnheim 6,1667 Fufs hoch stand. Zu bemerken ist noch, dafs wenn man in der Beobachtung No. 119. den Abhangsquotienten $\frac{1}{3725}$ substituirt, welchen Herr Krayenhoff im Jahr 1797 fand, und wie es auch naturgemäfs ist, Rechnung und Erfahrung ziemlich mit einander übereinstimmen.

No.	B	H	Q	P	F	L	λ	U	V	M	V′	V″
Im Oberrhein an der Spickschen Fähre.												
116	1350,5	13,324	17955	1358	6,936	60316	8696	—	3,4321	61754	3,5479	3,5375
Im Bylandschen Durchstich.												
117	2121,7	16,087	18045	1225	6,936	60316	8696	4,237	3,4716	62617	3,9034	3,9054
In der Einflufsmündung der Waal.												
118	1289,5	10,812	13940	1295	6,936	60316	8696	—	3,0733	42843	3,1978	3,1807
Im Obertheil des Pannerdenschen Kanals.												
119	591,6	8,572	5071,5	596	5,463	43213	7908 5729	—	3,7599	19067	2,9812 3,5955	2,9586 3,4945
Im Pannerdenschen Kanal, den Mühlen gegenüber.												
120	538,4	10,999	5917	544	5,463	43213	7908	38921	3,1820	18916	3,3707	3,3584
Im Niederrhein, gleich unterhalb des Seitenabflusses der Yssel.												
121	676,9	7,497	5036,6	684	5463	43213	7908	—	2,8325	14266	2,7141	2,7284
In der Einflufsmündung der Yssel.												
122	312	5,835	1820,5	316	0,6286	5040	8018	—	2,6925	4902	2,4364	2,3990

Darf man annehmen, dafs die vorstehenden Stromreviere, mit Ausnahme einiger Strecken, seit dreifsig Jahren gut regulirt waren, so kann auch die Neigung des Wasserspiegels seit dieser Zeit keine merkliche Veränderung erlitten haben; und es wird daher thunlich seyn, in diejenigen hydrometrischen Beobachtungen, welche der Holländische Generalinspector, Herr Brünings, in den Jahren 1790 und 1792 mit seinem Tachometer anstellen liefs, die Abhangsquotienten vorstehender Versuche zu substituiren, um zu sehen, wie Theorie und Erfahrung zusammenstimmen. Der Abhangsquotient für die Einflufsmündung des Pannerdenschen Kanals mufs aber nach dem Krayenhoffschen Nivellement vom Jahr 1797 (wie es auch schon Beobachtung No. 119. zur Anwendung gekommen ist) zu $\frac{1}{7727}$, und der für die Einflufsmündung der Yfsel zu $\frac{1}{5111}$ angenommen werden, wie selbiger vom Herrn Brünings in seiner Abhandlung: Verhandeling over de Snelheid van stroomend Water etc. S. 109 — 118. angegeben ist, weil daselbst grofse Veränderungen seit jener Zeit statt gefunden haben. Die Wasserstände $= \mathfrak{h}$ dieser Beobachtungen beziehen sich auf den Arnheimer Pegel. Auch ist noch anzumerken, dafs in den Beobachtungen No. 133. 134. 137. 138. die Werthe von V' und V'' nach der Formel (No. 147.) $V' = \frac{V\sqrt{H'}}{H}$ berechnet sind.

No.	$\mathfrak{h}$	B	H	Q	P	F	L	λ	U	V	M	V'	V''
					Im Oberrhein.								
123	3,5	1638	11,459	15640	1639	6,936	60316	8696	3,6270	5,4802	54431	3,0142	2,9888
124	9,25	1668	15,709	26421	1670	6,936	60316	8696	4,2383	4,1551	109781	3,8767	3,8781
					In der Waal.								
125	3,75	1050	12,085	12703	1051	6,936	60316	8696	3,2377	2,9264	37175	3,3890	3,3764
126	9,25	1173	16,328	19135	1176	6,936	60316	8696	4,0095	3,8553	73844	3,9312	3,9335
					In der Einflufsmündung des Pannerdenschen Kanals.								
127	3,75	537	8,417	4542	540	—	—	5729	3,6550	3,5743	16237	3,4825	3,4484
128	9,25	537	12,222	7190	593	—	—	5729	4,8758	4,6960	33767	4,1521	4,1855
					Im Pannerdenschen Kanal.								
129	3,75	576	9,959	5752	577	5,463	43213	7908	3,2625	2,9894	17179	3,2269	3,2295
130	7,479	591	11,875	7017	595	5,463	43213	7908	4,1625	3,8815	27239	3,5097	3,4963
131	11	996	11,375	11328	999	5,463	43213	7908	4,3621	4,1210	46683	3,4416	3,4267
132	14,333	762	16,570	12630	765	5,463	43213	7908	4,3944	4,1405	52292	4,1572	4,1618
					In der Einflufsmündung der Yfsel.								
133	3,75	288	4	1161	290	—	—	4931	3,6146	2,4559	2851	2,5730	2,5565
134	11,33	312	9,209	2875	316	—	—	4931	4,0150	3,9043	11243	3,9043	3,9059
135	7,47	294	7,104	2089	296	—	—	6815	2,9900	2,9232	6107	2,9250	3,0061
136	10,917	345	8,931	3088	347	—	—	6815	3,4581	3,3124	10229	3,2843	3,2696
					Im Niederrhein.								
137	3,75	588	7,542	4419	590	—	—	5825	3,2867	3,1064	13727	3,2585	2,8797
138	11	720	11,709	8410	724	—	—	5825	4,2600	4,0597	34143	4,0597	4,0646

Diese Beobachtungen stimmen unter den gemachten Voraussetzungen gut genug mit den Formeln für die gleichförmige Bewegung des Wassers, und man ersieht hieraus, dafs das Gefälle des Oberrheins, der Waal, und des untern Theils des Pannerdenschen Kanals keine wesentliche Veränderungen seit 1790 erlitten hat.

Nach-

Nachstehende Beobachtungen wurden in der Thurmschanzen-Elbe bei Magdeburg im Jahr 1816 durch den Herrn Conducteur Zimmermann, unter Aufsicht des Herrn Wasserbauinspectors Krause und unter Direction des Herrn Bauraths Münnich, mit dem Woltmannschen Flügel angestellt, da das Wasser 4,41 Fuſs über dem Nullpunkt des neuen Pegels, und 2,441 Fuſs über dem allerniedrigsten Wasserstand der Elbe bei Magdeburg stand. Diese Messungen sind dadurch merkwürdig, daſs, obgleich der Wasserspiegel 7587 Fuſs oberhalb der langen Brücke eine gleichförmig fallende Linie bildete, dennoch die Bewegung des Wassers in dieser Länge oberhalb der Brücke von dem Querschnitt unter derselben abhängig war. Ohne den Querschnitt der langen Brücke mit in Betracht gezogen zu haben, würde die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit der sechs oberhalb belegenen Querschnitte nicht mit Genauigkeit zu bewerkstelligen gewesen seyn. Uebrigens ist noch zu erinnern, daſs E die Entfernung vom Anfangspunkt des Nivellements, $\mathfrak{F}$ das mittlere Gefälle des rechts- und linkseitigen Ufers bezeichnet; daſs alle Gröſsen in Rheinländischem Fuſsmaaſs ausgedrückt sind, und daſs die mittlere Wassermenge aus den Beobachtungen No. 139. bis No. 144. eine Wassermenge von 9421 Kubikfuſs in der Secunde giebt.

No.		E	$\mathfrak{F}$	B	H	Q	P	F_1	L	λ	V	M	V^2
139	A	258	0,97100	389	9,6192	3703	393	—	—	—	2,4015	8895	—
140	B	1140	0,23500	417	8,7051	3630	424	—	—	—	2,5880	9395	—
141	C	2328	0,57950	415	9,4310	3919	422	—	—	—	2,4750	9314	—
142	D	3327	0,87400	393	9,5775	3764	400	—	—	—	2,4640	9240	—
143	E	5596	1,36550	483	7,1777	3603	491	—	—	—	2,5880	9328	—
144	F	7480	1,91500	462	8,0410	3715	468	—	—	—	2,5140	9451	—
145		7587	1,92800	307	8,3786	2575	421	1,9280	7587	3935	3,0586	9421	3,5722
		7653	1,98900	307	8,3786	2575	421	—	—	—	—	—	—
		7827	2,05100	307	8,3786	2575	421	—	—	—	—	—	—
146	I	9060	2,50500	465	7,4790	3484	476	—	—	—	2,8108	9800	—
147	K	10040	2,89300	526	6,5240	3432	530	—	—	—	2,9026	9920	—
148		10948	3,29500	420	5,1220	2151	422	0,7900	1888	2491	4,3798	9421	4,1188
149	L	11184	3,41800	422	6,0684	2561	425	—	—	—	3,6786	9421	—
150	M	12147	3,84900	430	6,5340	2810	432	—	—	—	3,3427	9421	—
		12868	4,18000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anmerk. [7587 Fuſs, vom Anfangspunkt an gerechnet, ist der Querschnitt der langen Brücke.]

XIII.

Von dem Anziehungs- oder Materien-Widerstand.

158. Nach den Grundsätzen, die bereits No. 31. bis No. 36. aufgestellt sind, müſste sogleich Bewegung erfolgen, sobald die Oberfläche des Wassers irgend gegen den Horizont geneigt ist. Dies geschieht aber keinesweges. Die Materie, woraus das Bette bestehet, oder die Rauhigkeiten der Wandfläche, haben darauf einen bedeutenden Einfluſs. Aber auch davon noch abgesehen, so kann wegen des Zusammenhängens der Wassertheilchen mit der Wand das relative Gefälle $\frac{\alpha}{L}$ (No. 136.) nicht Null seyn; sondern der Winkel, den das Grundbett oder vielmehr die Oberfläche des Wassers mit dem Horizont macht, hängt von der Gestalt des Querschnitts ab, weil

es eine Function von P und Q ist. Es mufs also für jeden Werth von $\frac{Q}{P} = R$ einen zugehörigen Werth von $\frac{\alpha}{L}$ geben, der so beschaffen ist, dafs das Wasser alsdann zu fliefsen aufhört. [Die hier eingeführten Gröfsen haben dieselbe Bedeutung wie No. 137.] Diese Erscheinung mufs also (wie gesagt) jedesmal wegen des Zusammenhängens der Wassertheilchen mit dem Bett erfolgen. Aber für kleine Werthe von $\frac{Q}{P} = R$ hat auch die Materie, aus welcher die Wand des fliefsenden Gewässers bestehet, auf die Bestimmung von $\frac{\alpha}{L}$ einen sehr bedeutenden Einfluſs. Denn für irgend einen Werth von (R), für welchen in einem Bett aus feinem Kies $\left(\frac{\alpha}{L}\right)$ der Sinus des Stillstandswinkels ist, kann bei einem Bett, das aus abgewälzten Steinen bestehet, nicht ebenfalls der Sinus des Stillstandswinkels $\frac{\alpha}{L}$, sondern er mufs vielmehr $\frac{\beta}{L}$ und $\beta > \alpha$ seyn, d. h.

für jede Materie von anderer Dichtigkeit und bei gleichem (R) sind die relativen Gefälle oder die Sinusse der Stillstandswinkel $\frac{\alpha}{L}$ veränderlich.

159. Zugegeben, dafs R und $\frac{\alpha}{L}$ für gewisse Materien äufserst klein sind, so darf man doch nicht mit Herrn Prony [S. §. 148. bis §. 154. seiner Abhandlung] allgemein annehmen, dafs diese Werthe nur einen unmerkbaren Einfluſs auf die Coefficienten $\alpha = 0{,}000436$ und $\beta = 0{,}003034$ (No. 155.) haben sollten, und deshalb aufser Acht zu lassen wären. Dies ist gewifs irrig. Unter gewissen Umständen haben die Werthe R und $\frac{\alpha}{L}$ einen sehr grofsen Einfluſs auf diese Coefficienten.

In Fig. 51. sei ef die Wassertiefe $= h$ der ruhenden Wassermasss $abcd$; es werde vorausgesetzt, dafs alle Querschnitte gleich und ähnlich sind; ad sei das Grundbett, bc der Wasserspiegel, und ag das Gefälle $= \alpha$, welches der Länge $ad = L$ zugehört, und für welches die Bewegung des Wassers in irgend einer Materie des Betts $= 0$ ist; oder $\frac{ag}{ad} = \frac{\alpha}{L}$ der Sinus des Stillstandswinkels adg. Das Wasser fange nun an um die fast unmerkliche Höhe ek zu wachsen, so wird zwar die ruhende Wassermasse $abcd$ in wirkliche Bewegung kommen, aber das Wasser kann und wird nicht frei abfliefsen, sondern die an der Oberfläche fliefsenden Wassertheilchen müssen erst der ruhenden Wassermasse $abcd$ Bewegung ertheilen, werden aber hierdurch selbst ganz ungemein verzögert; so, dafs überall eine verträgte, wenn auch eine gleichförmige Bewegung entstehet.

Es kann sich also nicht $C : V = 1 : 0{,}85$ verhalten; sondern dieses Verhältnifs kann nur dann erst beim wachsenden Wasser und einer Wasserhöhe $fh = \mathfrak{P}$ statt finden, wenn alle Wassertheilchen frei und der Schwere gemäfs sämmtlich niederwärts abfliefsen können. Diese Wassertiefe $fh = \mathfrak{P}$ mufs auch überdem um desto gröfser seyn, je geringer das Gefälle mo und je geringer die Geschwindigkeit ist; weil bei einer geringen Geschwindigkeit desto mehr Wassertheilchen in Ruhe bleiben, und dagegen der

Kraftverlust durch die Erzeugung der verhältnifsmäfsig stärker vermehrten Geschwindigkeit gröfser ist, als bei gröfserer Geschwindigkeit.

Endlich mufs diese Wassertiefe $fh = \mathfrak{P}$ alsdann auch noch um desto gröfser seyn, je gröber und schwerer die Materialien sind, woraus das Wasserbett bestehet. So ist es naturgemäfs, so lehrt es die Erfahrung überall.

Die Annahme der Herren Dubuat und Prony, dafs sich die Wirkung, welche die Materie der Wand auf die flüfsigen Theile ausübt, nur bis auf eine unendlich kleine Entfernung von der Wand erstrecke, und dafs an der Wandfläche eine Wasserrinde hängen bleibe, die als die eigentliche Wand zu betrachten sei, zwischen welcher das Wasser durchfliefst u. s. w., ist mit den Naturerscheinungen unvereinbar. Die Höhe der Wasserrinde, oder vielmehr die Wirkung der Materie, kann nach Umständen 12 und noch mehrere Zolle betragen, wie untenstehende sehr genaue Beobachtungen beweisen. Denn man mufs hier verträgte und doch gleichförmige Bewegung, mit gleichförmiger Bewegung beim freien Abflufs des Wassers wohl unterscheiden, wie dies schon bereits (No. 137. bis No. 139.) angemerkt worden; der Unterschied ist ungemein auffallend.

160. Unterhalb der letzten Blankschmiede in Exten bei Rinteln sind nachstehende Beobachtungen in einem und eben demselben Querschnitt in der Exter gemacht.

Das Grundbett bestehet aus abgewälzten Steinen, 1, 2 bis 3 Zoll im Durchmesser, mit feinem und groben Kies und Kieseln gemischt. Alle Gröfsen sind im Rheinl. Fufsmaafs ausgedrückt.

No. der Beobachtungen.	H	Q	P	λ	V	M	$\mathfrak{W} = \frac{2gQ_2}{nPLV^2}$
79	1,045	9,934	11,700	378	4,308	42,797	1,0000
80	0,879	8,351	10,850	378	2,391	19,976	2,9436
81	0,774	7,350	10,500	480	1,123	8,261	9,2880
Die Loocke bei Oldendorff unweit Rinteln führt ähnliches Material, wie die Exter; man fand							
82	0,553	3,041	6,606	42	7,607	22,822	1,0000
83	0,324	1,782	6,000	42	1,524	2,715	25,3140

Diese Beobachtungen lehren also, dafs von dem Punkt h, Fig. 51. [wo so eben das Verhältnifs $C : V = 1 : 0{,}85$ eintritt; also wo so eben gleichförmige Bewegung beim freien Abflufs des Wassers statt findet] sich bei jeder sinkenden Schicht das Verhältnifs von $C : V$ ändert; der Materien-Widerstand $\mathfrak{W} = \frac{2gQ\alpha}{nPLV^2}$ (S. No. 141.) nimmt sehr schnell zu, die Geschwindigkeit dagegen, jedoch in einem ganz andern Verhältnifs, ab.

Ich könnte diese Versuche noch mit einer grofsen Anzahl anderer Beobachtungen vermehren,

aber sie haben nicht die erforderliche Vollständigkeit, um daraus richtige Folgerungen zu ziehen. Nämlich man müfste von der Höhe $hf = \mathfrak{P}$, wo das Wasser gerade so hoch angewachsen ist, dafs es ganz frei abfliefst, und dafs sich $C : V = 1 : 0{,}85$ verhält, bis zu dem Punkt nach dem Grundbett zu, wo das Wasser zu fliefsen aufhört, für jede Art von Materie Beobachtungen anstellen, nicht allein um die Wasserhöhe $fh = h$, Fig. 51., sondern auch um das Gesetz zu erforschen, wonach der Materienwiderstand wächst, und die Geschwindigkeit abnimmt.

Ich habe nie Gelegenheit gehabt, ohne sehr grofse Kosten solche Versuche anstellen zu können, deshalb ist dies meiner Seits unterblieben; aber eine richtig hieher gehörige Erfahrung hat Herr Michelotti, in seinen hydraulischen Versuchen S. 111. der deutschen Uebersetzung, mitgetheilt.

Der ganz gerade Kanal, der aus Steinen angefertiget war, hatte eine Länge von 84 Fufs, ein Gefälle von 14 Fufs, seine Breite betrug 1 Fufs, Wassertiefe in der Nähe der Ausmündung 2,833 Zoll; Wassermenge 2377½ Kubikzoll auf die Secunde; Geschwindigkeit 9 Fufs, statt dafs die Geschwindigkeit, wenigstens beim gleichförmigen und freien Abfluss, hätte 12,475 Fufs betragen sollen. Die Einwirkung des Materienwiderstandes ist hier unverkennbar; und es ist kaum zu bemerken nothwendig, dafs die allgemeinen Ausdrücke für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluss des Wassers, welche die Herren Dubuat, Prony und Eytelwein geliefert haben, alsdann schlechterdings nicht mehr anwendbar sind, wenn die Wassertiefe kleiner als $hf = \mathfrak{P}$, Fig. 51., ist, und sich also nicht $C : V = 1 : 0{,}85$ verhält.

Da sich nun in dem Bett eines jeden fliefsenden Gewässers, wo die Wassertiefe kleiner als $hf = \mathfrak{P}$ ist, mit jeder sinkenden Schicht dieses Verhältnifs ändert; so wird daraus sehr klar, dafs die Werthe R und $\frac{\alpha}{L}$ (No. 158. und 159.) unter gewissen Umständen einen sehr grofsen Einfluss auf die Pronyschen Coefficienten $\alpha = 0{,}000436$ und $\beta = 0{,}003034$ ausüben müssen; und dafs es für die Ausübung von grofsem Nutzen ist, wenigstens beiläufig die Grenze zu kennen, bis zu welcher sich noch die allgemeinen Ausdrücke für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluss des Wassers anwenden lassen, d. h. $fh = \mathfrak{P}$ zu bestimmen.

161. Sind für irgend ein Material des Wasserbetts die Abmessungen V, Q, P, L, α, also $VQ = M$ und $hf = \mathfrak{P}$ bekannt, wo so eben der freie und gleichförmige Abfluss des Wassers beginnt, so kann man fragen:

Wie grofs mufs für dieselbe Wassermenge in demselben Wasserbett die Wassertiefe $\mathfrak{p}$ seyn, wenn λ und β gegeben sind und $\frac{\beta}{\lambda} < \frac{\alpha}{L}$ ist?

Behalten wir die in No. 136. eingeführten Gröfsen bei; so soll der Voraussetzung gemäfs die Wassermenge $\frac{Q^2\alpha}{LP} = \frac{q^2\beta}{\lambda p}$ seyn. Darf man annehmen, dafs die Wassertiefen $\mathfrak{P}$ und $\mathfrak{p}$ gegen die Breite des Gewässers klein sind, so ist auch unter diesen Umständen verstattet, die Umfänge P und p den Breiten B und b gleich zu setzen. Nun ist hier aber der Annahme gemäfs $B = b$ und $\alpha = \beta = 1$, daher hat man $\mathfrak{p} = \mathfrak{P}\sqrt[3]{\frac{\lambda}{L}}$.

Zufolge mehrerer Beobachtungen, die ich mit dieser Darstellung verglichen habe, finde ich

1) für hölzerne nicht gehobelte Gerinne $\mathfrak{P} = 1{,}25$ Zoll, wenn $L = 1000$ ist;
2) für Wasserbetten, die aus feiner Erde und Lehm bestehen, $\mathfrak{P} = 2{,}214$, wenn $L = 1000$ ist;
3) für steinerne Gerinne, — — — — — — — — — $\mathfrak{P} = 5{,}312$, wenn $L = 1000$ ist;
4) für Wasserbetten, die aus 1, 2, 3 Zoll grofsen Steinen mit Kies und Kieseln vermischt bestehen, $\mathfrak{P} = 16{,}60$ Zoll und $L = 1000$;
5) für Wasserbetten, die beiläufig 9 bis 11 Zoll mit Wasserpflanzen bedeckt sind, $\mathfrak{P} = 19{,}78$ Zoll und $L = 1000$.

Ich lege diesen Beobachtungen keinen grofsen Werth bei, weil sie nicht mit Berücksichtigung aller physischen Nebenumstände angestellt sind, sondern ich will nur auf den grofsen Einfluss des Materienwiderstandes, und darauf aufmerksam machen, dafs man die allgemeinen Ausdrücke für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluss des Wassers nicht auf Querschnitte anwende, wo die Wassertiefe kleiner als $\mathfrak{P}$ ist, weil hierdurch ganz unrichtige Resultate unbezweifelt entstehen müssen.

162. Aus diesem Vortrage lassen sich nun nachstehende Erfahrungen beurtheilen, und ganz klar die Gründe erkennen, warum diese Erscheinungen so erfolgen müssen.

a) Die Geschwindigkeit des Wassers an der Wandfläche ist jedesmal geringer als an der Oberfläche.

b) In dem Querschnitt eines jeden fliefsenden Gewässers ist jedesmal da die geringste Geschwindigkeit, wo die Wassertiefe die geringste ist; auch nimmt die Geschwindigkeit des Wassers von der Oberfläche nach dem Boden bei geringer Wassertiefe weit schneller ab, als in einer gröfseren Wassertiefe.

c) Deshalb ist auch in Rigolen, die den Schiffahrtskanälen das Wasser zuführen, wenn bei einer kleinen Wassertiefe das Wasser mit einer bestimmten Geschwindigkeit abfliefsen soll, ein so grofses Gefälle erforderlich.

Auch läfst es sich nur aus dem Materienwiderstand erklären, dafs in Flüssen, wie die Lahn, die Saar u. s. w., deren Grundbett aus grofsen beigeflöfsten und abgewälzten Steinen bestehet; die Geschwindigkeit des Wassers bei $\frac{1}{100}$ des Abhangsquotienten und bei 12- bis 16zölliger Wassertiefe kaum 2 Fufs in der Secunde beim kleinsten Wasserstand gefunden wird.

Herr Gauthey hat bei kleinen Bächen, deren Wassertiefe 2,5 bis 3 Zoll beträgt, in seinen *Mémoires sur les Canaux de navigation*, *Paris* 1816, S. 163, ähnliche Bemerkungen gemacht.

d) Wenn sich Hindernisse dem freien Lauf des Wassers in der Nähe des Bodens entgegensetzen, so werden selbige desto leichter überwunden, je gröfser die Wassermenge, also je gröfser die Wassertiefe und die Geschwindigkeit des Wassers ist. Denn da die Widerstände an der Wandfläche, einerlei bleiben, so mufs die Bewegung des Wassers in einem Stromrevier desto gröfser seyn, je gröfser die Wassermenge, und besonders je gröfser bei diesem Flächeninhalt des Querschnitts die Wassertiefe ist.

Es mufs daher eine Wassertiefe $= \mathfrak{P}$ geben (immer vom Grundbett heraufwärts gerechnet),

bei welcher der Materienwiderstand gänzlich wegfällt, und nur blofs der Adhäsions- und Cohäsionswiderstand vorhanden ist.

e) Flüsse und Ströme haben bei gleichem Gefälle eine kleinere Geschwindigkeit, bei niedrigen Wasserständen, als wenn sie angeschwellt sind.

f) Tiefere Flüsse fliefsen geschwinder als flächere unter übrigens gleichen Umständen.

g) In Flüssen, deren Material aus feinen Stoffen, als Erde, Sand, Kies u. s. w. bestehet, wo die Querschnitte genugsam gleich sind, und das Wasser sich durch jeden derselben auf einerlei Art bewegt, bildet die Oberfläche, selbst bei sehr geringen Wassertiefen, eine völlig geneigte Ebene; dahingegen sich ein steiniges Grundbett durch eine wallende Bewegung auf der Oberfläche kenntlich macht. Ja, ist der Boden mit grofsen Steinen, die mehrere Kubikfufse enthalten, bedeckt, oder sind die Ufer mit Einbauen versehen, so kann man die Wirkung des wallenden und wirbelnden Wassers noch bei 12 bis 16 Fufs höherem Wasserstand in der Oberfläche erkennen. Aehnliche Bemerkungen hat Herr Venturi gemacht, weshalb derselbe den Wirbeln eine grofse Verzögerung des Wassers beimifst.

h) Wasserpflanzen, Gras u. s. w. verzögern die Bewegung des Wassers ungemein.

Bei Ueberschwemmung der Wiesen und Weiden, wenn die Flüsse und Ströme aus ihren Ufern treten, ist der Materienwiderstand unverkennbar und augenscheinlich zu erweisen.

i) Endlich läfst sich nur aus dem Einflufs des Materienwiderstandes erklären, dafs dasjenige Wasser, Fig. 15. und Fig. 16., welches beschleuniget in irgend einem Wasserbett ganz frei abfliefst [also so wenig eine Zusammenziehung (wie in No. 81.), als eine Zusammenziehung in der Abflufsöffnung, noch auch eine Verzögerung am freien Abflufs durch irgend einen unterhalb belegenen verengten Querschnitt (wie in No. 84.) erleidet] am Grundbett eine geringere Geschwindigkeit als an der Oberfläche hat, weil zwei verzögernde Kräfte am Grundbett wirksam sind, indem nämlich einmal die Wassertheilchen, wegen des Zusammenhanges mit dem Bett, losgerissen werden müssen; und zweitens die losgerissenen verzögerten Wassertheilchen, welche mit dem übrigen Wasser zusammenhangen, dasjenige Wasser, welches näher der Oberfläche zu fliefst, gleichsam mehr oder weniger zurückziehen. Daher ergeben genaue hydrometrische Messungen das merkwürdige Resultat, dafs sich verhält $C : V = 1 : 0{,}952$ und $C : S = 1 : 0{,}9$.

163. Es entgehet dem Beobachter nicht, dafs von dem Punkt h der Wassertiefe hf, Fig. 51., herabwärts, der Widerstand ($\mathfrak{W}$) sehr schnell zu, und die Geschwindigkeit (V) sehr schnell (wenn gleich in einem andern Verhältnifs) abnimmt, wenn die Wassertiefen immer kleiner werden und dem Boden immer näher kommen. Dies läfst sich bildlich darstellen.

Stellet AC, Fig. 52., die Wassertiefe in hf, Fig. 51, AD die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts ebenfalls für die Wassertiefe hf, Fig. 51., und aa, bb, cc, dd die abnehmenden mittleren Geschwindigkeiten der sinkenden Wassertiefen Ca, Cb, Cc, Cd; desgleichen DE, ae, bf, cg, dh die wachsenden Widerstände vor, so wird die Geschwindigkeit der Wassertiefe BC Null, und der Widerstand $BH = \infty$ seyn. Hätte man nun mehrere Beobachtungen, deren ich schon

(No. 160.) erwähnt habe, wonach die Abnahme der Geschwindigkeit (V) und der Werth des wachsenden Widerstandes $\left(\mathfrak{W} = \frac{2gQa}{nPLV^2}\right)$ für verschiedene Materien des Wasserbetts bekannt wären; so würde man mit völliger Gewifsheit das Gesetz entdecken, dem zu Folge die Abnahme von (V) und der Wachsthum von ($\mathfrak{W}$) geschieht.

Für die Ausübung hat die richtige Kenntnifs des Materienwiderstandes, besonders die richtige und allgemeine Bestimmung der Wasserhöhe ($\mathfrak{P}$) einen sehr grofsen Werth, weshalb ich auf diesen Gegenstand ganz vorzüglich aufmerksam mache.

XIV.

Von der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in einem Querschnitt, dessen Wasser beschleuniget wird, und ganz frei abfliefst.

164. Der Unterschied, welcher im Verhalten der Geschwindigkeiten C und S zu V statt findet, wenn das beschleunigte Wasser durch irgend einen Querschnitt Q nicht ohne Behinderung abzufliefsen vermag, sondern erstens durch die Zusammenziehung des Wasserstrahls in der verengten Abflufsöffnung Q, zweitens durch einen unterhalb belegenen Querschnitt q verzögert wird; oder: wenn sich das beschleunigte Wasser zwar unterhalb frei bewegt, aber im Querschnitt Q eine Zusammenziehung des Wasserstrahls erleidet, haben wir bereits No. 84. und No. 81. kennen gelernt, und daraus die Ueberzeugung gewonnen, dafs beide Bewegungen nie als gleichbedeutend angesehen werden dürfen.

Von diesen beiden Arten der beschleunigten Bewegung des Wassers ist hier aber gar nicht die Rede; sondern vom beschleunigten Wasser, welches ganz frei ohne Zusammenziehung und ohne Verzögerung unterhalb belegener verengter Querschnitte abfliefst, und wo sich $C : V = 1 : 0{,}952$ und $C : S = 1 : 0{,}9$ verhält (No. 163. litt. *i*). Uebrigens kommt auch hier nur der Widerstand in Betracht, welcher von der Klebrigkeit und Anhänglichkeit der Wassertheilchen entstehet. Daher hat die gleichförmig beschleunigte Bewegung beim freien Abflufs sehr viel Aehnlichkeit mit der gleichförmigen Bewegung, ebenfalls beim freien Abflufs des Wassers. Den Unterschied beider Bewegungen werden wir sogleich kennen lernen.

165. Wenn Wasser, das im Beharrungszustande ist, in irgend einem Bett beschleuniget wird und frei abfliefst, so müssen (nach No. 129.) die Querschnitte und Umfänge veränderlich seyn und stets kleiner werden, je mehr sich das Wasser seiner Ausflufsmündung nähert. Und da durch jeden Querschnitt eine gleiche Wassermenge in gleicher Zeit abfliefsen soll, so mufs sich die Geschwindigkeit, also auch das Gefälle, vergröfsern, folglich kann die Oberfläche des Wassers keine gleichförmig fallende Linie bilden, sondern es mufs eine krumme Linie seyn, die ihre hohle Seite dem Boden zukehrt. Um dies verständlich zu machen, so sei der Boden AL, Fig. 53., irgend eines fliefsenden Gewässers horizontal, das Wasser fliefse darin frei ab, und vom Querschnitt EG sei der Flächeninhalt $= Q$, der Umfang $= P$, die Länge, welche dem Gefälle $HI = \alpha$ zugehört $= EH = L$.

Im Querschnitt AB sei der Flächeninhalt $= q$, Umfang $= p$, das Gefälle $EF = \beta$, und die Länge, welche diesem Gefälle zugehört, $= BE = \lambda$; endlich $BE = EH = L = \lambda$: so müfste [wofern es verstattet ist, die Gestalt der Gleichung für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers beizubehalten, wenn auch n eine andere abstracte Zahl als 0,003783 bedeuten sollte] die Wassermenge im Querschnitt $EG = \sqrt{\left(\frac{2gQ^3\alpha}{nPL}\right)}$ und im Querschnitt $AB = \sqrt{\left(\frac{2gq^3\beta}{np\lambda}\right)}$ und daher $\frac{q^3\beta P}{Q^3\alpha p} = 1$ seyn. Nun ist aber q kleiner als Q, dagegen P etwas gröfser als p, folglich muſs offenbar β viel gröfser als α seyn, wenn durch beide Querschnitte in gleichen Zeiten eine gleiche Wassermenge flieſsen soll. Eben deshalb wird also auch die krumme Linie, welche die Oberfläche des Wassers bildet, die hohle Seite dem Boden zukehren müssen, weil das Grundbett horizontal ist.

Je kleiner aber die Querschnitte werden, und je mehr sie sich der Abflufsöffnung (hier dem Querschnitt AB) nähern; desto geringer ist der Gegendruck des Wassers, woraus also die Behauptung (No. 39.) gerechtfertiget wird: dafs der Wasserspiegel jedesmal eine convexe Oberfläche annimmt, wenn der Gegendruck des voran flieſsenden Wassers kleiner als der Druck des nachfolgenden ist.

166. Aber der bereits gefundene allgemeine Ausdruck für die gleichförmige Bewegung, kann hier für die beschleunigte Bewegung nicht geradezu angewandt werden; dies erhellet schon aus dem gegenseitigen Verhalten der Geschwindigkeiten C und S zu V. Denn für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers verhält sich $C : V = 1 : 0{,}85$, $C : S = 1 : 0{,}7297$; dagegen verhält sich für die beschleunigte Bewegung, ebenfalls beim freien Abfluſs, $C : V = 1 : 0{,}952$ und $C : S = 1 : 0{,}9$. Es kann daher die abstracte Zahl $n = 0{,}003783$, welche für die gleichförmige Bewegung des Wassers gültig ist, nicht auf die beschleunigte Bewegung angewandt werden; vielmehr müfste eine solche abstracte Zahl für irgend einen bestimmten Querschnitt, wo eine krumme Linie den Wasserspiegel begrenzt, z. B. in AB, Fig. 53., oder in CK, Fig. 54., kleiner und etwa $m = 0{,}0026744$; hingegen im Querschnitt GE, Fig. 53., oder EF, Fig. 54., wenn das Wasser aus der gleichförmigen in die beschleunigte Bewegung übergehet, gröfser, etwa zwischen den Grenzen $o = 0{,}005194$ und $o = 0{,}0064244$ seyn.

Ferner ist auch noch die krumme Linie selbst, welche der Wasserspiegel bildet, zu bestimmen. Zwar ergeben die Beobachtungen, welche ich in No. 47. bis No. 49. mitgetheilt habe, dafs sie sich der gemeinen Parabel nähert, oder vielmehr mit derselben unter der Bedingung zusammenfällt, dafs das Gefälle (α), welches der Länge (L) entspricht, sehr klein gegen (L) sei; aber Beobachtungen dieser Art können nie mit einer so grofsen Genauigkeit angestellt werden, um das Geschlecht der Curve genügend anzugeben; dies kann nur durch Vernunftschlüsse geschehen.

Weil die Oberfläche eine krumme Linie bildet, so kann man überdem fragen:

Wie grofs muſs die Länge (L) seyn, die irgend einem Gefälle (α) zugehört, damit durch den Querschnitt MN, Fig. 53., die Wassermenge M abflieſse?

Da

Da in allen fliefsenden Gewässern der Wasserspiegel aus mehrfachen Curven bestehet, so ist ferner zur Frage zu stellen: ob noch auf den Querschnitt NO oder IK, Fig. 61., die Druckhöhe oder das Gefälle einer oberhalb belegenen Curve ADF, Fig. 61., wirksam sei.

Endlich kann man fragen: weshalb die krumme Linie des Wasserspiegels Wendepunkte bildet, so, dafs bald die Axe der Curve unter, bald über dem Wasserspiegel liegt.

Aus der Theorie für die gleichförmige Bewegung des Wassers beim freien Abfluſs, können diese Erscheinungen keineswegs ganz befriedigend, wenn gleich beiläufig, beantwortet werden.

167. Aehnliche Betrachtungen könnte man für den Fall anstellen, wenn das Wasser beim freien Abfluſs aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung übergehet.

In Fig. 54. bezeichne die gleichförmig fallende Linie BKF das Grundbett und ACE die Curve, welche den Wasserspiegel bildet, so läſst sich auf ähnliche Art, wie vorher (No. 65.), unter den gemachten Voraussetzungen erweisen, dafs wenn das Wasser irgend eines Querschnitts AB anfängt mit beschleunigter Bewegung abzufliefsen, diese Beschleunigung nur bis zu irgend einem Querschnitt CK zunehmen kann, und von da bis zum Querschnitt EF wieder abnehmen muſs, wenn in EF wirklich gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers eintreten, und eine gleiche Wassermenge in gleicher Zeit durch jeden Querschnitt fliefsen soll. In irgend einem Querschnitt CK zwischen AB und EF muſs daher die kleinste Wassertiefe und der gröſste Gegendruck des voran fliefsenden Wassers gefunden werden, weshalb sich die Oberfläche des Wasserspiegels so gestaltet, dafs die Curve jetzt die convexe Seite dem Boden zukehrt, wie das bereits No. 39. bemerkt ist.

Auch hier könnte man fragen: wie viel man von dem ganzen Gefälle IE für den Querschnitt EF zu rechnen habe, und welche Länge (L) diesem unbekannten Gefälle (α) entspreche, wenn die Wassermenge M in der Secunde abgeführt werden soll. u. s. w.

168. Alle diese Betrachtungen geben einstimmig das Resultat, dafs der bereits gefundene allgemeine Ausdruck für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers durchaus nicht geradezu beibehalten werden kann, sondern eine veränderte Gestalt, wenn auch nur im Coefficienten n, erhalten muſs. Diese letzte Beschränkung scheint deshalb zulässig, weil die Curve unveränderlich dieselbe bleibt, das Wasser mag aus der gleichförmigen in die beschleunigte, oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung, beim freien Abfluſs, übergehen, nur dafs ihre Axe bald unter bald über den Wasserspiegel fällt. Inzwischen ist hierbei für zwei bestimmte Querschnitte (EG und AB, Fig. 53., und CK und EF, Fig. 54.), die für alle Fälle in gleicher Art angenommen werden (so dafs jedesmal $BE = EH$, Fig. 53., oder $EC = CA$, Fig. 54., ist), das Verhalten der Geschwindigkeiten C und S zu V als bekannt vorauszusetzen.

169. Wäre die Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt, eine transcendente Linie, also keine Parabel, und sollte ein allgemeiner Ausdruck gefunden werden, woraus nicht allein die mittlere Geschwindigkeit irgend eines Querschnitts für die ungleichförmige oder veränderte Bewegung, sondern auch unter gewissen Umständen die mittlere Geschwindigkeit für die gleichförmige Bewegung, beim

freien Abfluſs des Wassers zu bestimmen ist; so müſste der Ausdruck, da er auf alle die vorher (No. 166. und 167.) aufgeführten Erscheinungen Rücksicht zu nehmen, und befriedigend zu erklären hat, eine sehr zusammengesetzte Gestalt erhalten. Allen diesen Schwierigkeiten, die sich der Aufsuchung allgemeiner und strenger Gesetze, denen die wirklichen Erscheinungen unterworfen sind, entgegenstellen, weiche ich vorläufig dadurch aus, daſs ich eine theoretisch-empirische Formel, die jedoch nur für die beschleunigte Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers gültig ist, einführe; die mit der Erfahrung genau genug übereinstimmt, für alle Fälle den Ausübung befriedigend ist, und mit der man sich bis dahin behelfen kann, bis eine allgemeine Theorie dieselbe entbehrlich macht.

Diese theoretisch-empirische Formel hat auch schon deshalb ihren unverkennbaren Nutzen, da dieselbe alle diese Erscheinungen befaſst, die in einen allgemeinen Ausdruck schlechterdings, wenn gleich in einer andern Gestalt, aufgenommen werden müssen.

Dies vorausgesetzt, so nehme ich an:

Erstens. Die Curve HEB, Fig. 53., oder ACE, Fig. 54., ist unter allen Umständen eine halbe Parabel, deren Axe entweder unter oder über den Wasserspiegel fällt, je nachdem das Wasser beschleuniget wird, oder aus der gleichförmigen in die beschleunigte, oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung, beim freien Abfluſs, übergehet, wenn die Curve auch wirklich nur ein Bogentheil derselben seyn sollte.

Zweitens. Da stets das ganze Gefälle CB, Fig. 53., oder IE, Fig. 54. (nach No. 57. und 58.), also auch die Länge BEH oder ECA bekannt seyn muſs; so theile ich die Axe BFK oder AHI in zwei gleiche Theile, so daſs $BF = FK$ und $AH = HI = \frac{1}{2}L$.

Drittens. Wenn das Wasser beschleuniget wird und im Querschnitt AB, Fig. 53., oder im Querschnitt CK, Fig. 54., die mittlere Geschwindigkeit gefunden werden soll; so sehe ich $EF = VB$ oder $HC = AD$ als das Gefälle an, welches der Länge BE oder CA entspricht.

Gehet das Wasser aus der gleichförmigen in die beschleunigte oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung über, und soll im Querschnitt EG, Fig. 53., oder im Querschnitt EF, Fig. 54., die mittlere Geschwindigkeit gefunden werden, so sehe ich $HI = DE$ und $CK = GE$ als das Gefälle an, welches der Länge EH oder EC entspricht.

Viertens. Da nun BHK, Fig. 53., eine halbe Parabel seyn soll, so verhält sich, wenn $BF = FK = \frac{1}{2}L$ und $HK = CB = \alpha$ bedeutet, $L : \frac{1}{2}L = \alpha^2 : EF^2$; daher $EF = \alpha\sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}707\,\alpha$, und $DE = (1 - 0{,}707)\,\alpha = 0{,}293\,\alpha$. Für den Querschnitt AB, Fig. 53., und CK, Fig. 54., ist daher jedesmal das Gefälle $0{,}707\,\alpha$, bei der Länge $\frac{1}{2}L$; und für den Querschnitt EG, Fig. 53., oder EF, Fig. 54., ist jedesmal das Gefälle $0{,}293\,\alpha$, bei der Länge $\frac{1}{2}L$.

Fünftens setze ich voraus, daſs, wenn auch der Wasserspiegel aus mehreren Curven zusammengesetzt ist, so kann doch nur das Gefälle aus derjenigen Curve abgeleitet werden, in welche der Querschnitt fällt, wenn die Geschwindigkeit gesucht werden soll. Demnach kann also nur für

den Querschnitt NO oder IK, Fig. 61., die Curve FIN gültig seyn; und das Gefälle der Curve ADF hat auf die Bewegung des Wassers im Querschnitt IK oder NO keinen Einfluſs."

Anmerk. [Denn es wird niemand behaupten, daſs wenn ein Strombezirk, z. B. von 1000 zu 1000 Ruthen, durch Wehre abgesperrt ist, der Druck des Wassers in irgend einem Querschnitt oberhalb des ersten Wehrs einen directen Einfluſs auf die Bewegung des Wassers zwischen dem ersten und zweiten Wehr habe; sondern die Geschwindigkeit des Wassers hängt offenbar von dem Gefälle des Wasserspiegels ab, welches zwischen beiden Wehren vorhanden ist. In ähnlicher Art wirkt die Natur. Es giebt keinen Kanal, der in Erde ausgehöhlt ist, geschweige einen Fluſs, in dem nicht Verengungen und Erweiterungen, Stauungen und Abfälle angetroffen würden.

Zwischen ganz bedeutenden Verengungen wird das Wasser am freien Abfluſs gehindert — es wird erträgt. Von dem unterhalb belegenen verengten Querschnitt ist die gröſsere oder die geringere Verträgung abhängig.

Nun sind aber verengte Querschnitte dieser Art als Abschnitte zu betrachten, zwischen welchen sich nur (von Abschnitt zu Abschnitt) der Druck oberhalb belegener Profile fortpflanzen kann. So lehrt es die Erfahrung, und so stimmt es auch mit den Erscheinungen überein, die aus den Beobachtungen No. 251. bis No. 641. erkannt werden können.]

Sechstens. Behalten wir die in No. 136. eingeführten Gröſsen bei, und bezeichnen sie auch dieselben Werthe, so ist jedesmal,

die mittlere Geschwindigkeit in irgend einem Querschnitt AB, Fig. 53., oder CK, Fig. 54., wenn (beim freien Abfluſs) das Wasser beschleuniget wird,

$$= V' = \sqrt{\left(\frac{2gQ \cdot 0{,}707\alpha}{nP\frac{1}{2}L}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2gQ \cdot 1{,}414\alpha}{nPL}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{0{,}0026744 \cdot PL}\right)}.$$

Oder: $V' = -0{,}0067675 \cdot g + \sqrt{(557{,}708 \cdot g\frac{\alpha \cdot 1{,}414h}{pl} + 0{,}0000458g^2)}$. (S. No. 156.)

Die mittlere Geschwindigkeit in irgend einem Querschnitt EG, Fig. 53., oder EF, Fig. 54., wenn (beim freien Abfluſs) das Wasser aus der gleichförmigen in die beschleunigte, oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung übergehet,

$$V'' = \sqrt{\left(\frac{2gQ \cdot 0{,}293\alpha}{nP\frac{1}{2}L}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2gQ \cdot 0{,}586\alpha}{nPL}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2gQ\alpha}{0{,}0064244 \cdot PL}\right)}.$$

Oder: $V'' = -0{,}0067675g + \sqrt{(557{,}798g\frac{\alpha \cdot 0{,}586h}{pl} + 0{,}0000458g^2)}$. (No. 156.)

Diese beiden theoretisch-empirischen Formeln entstehen also dadurch, daſs man in der Curve, welche den Wasserspiegel in der Längensection begrenzt, zwei unveränderliche Querschnitte annimmt, die gleich weit von einander entfernt sind.

Im ersten Querschnitt AB, Fig. 53., oder CK, Fig. 54., wird das Wasser beschleuniget; im zweiten Querschnitt EG, Fig. 53., oder in EF, Fig. 54., gehet das Wasser entweder aus der gleichförmigen in die beschleunigte, oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung, beim freien Abfluſs, über. In jedem dieser Querschnitte muſs die abstracte Zahl einen ganz

andern Werth haben, als derjenige ist, welcher für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers (No. 136.) für $n = 0{,}003783$ gefunden wurde.

Die numerischen Werthe erhält man aber für jeden dieser beiden Querschnitte, wenn man hypothetisch annimmt, daſs unter allen gedenkbaren Umständen der Wasserspiegel auf der ganzen Länge (L), wozu das ganze Gefälle (α) gehört, eine halbe Parabel darstellt [Denn daſs die Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt, wenigstens Bogentheile der Parabel sind, lehren die Beobachtungen.]

Das absolute Gefälle für den ersten Querschnitt AB, Fig. 53., oder CK, Fig. 54., ist für die Länge $\frac{1}{2}L = 0{,}707\alpha$, oder für $L = 1{,}414\alpha$; und der numerische Werth der abstracten Zahl $n' = 0{,}0026744$ für das respective Gefälle $\frac{\alpha}{L}$.

Für den zweiten Querschnitt EG, Fig. 53., oder EF, Fig. 54., ist das absolute Gefälle für die Länge $\frac{1}{2}L = 0{,}293\alpha$ oder für $L = 0{,}586\alpha$; und der numerische Werth der abstracten Zahl $n'' = 0{,}0064244$ für das respective Gefälle $\frac{\alpha}{L}$.

In dieser formularischen Darstellung für die beschleunigte Bewegung des Wassers ist also nichts hypothetisches, als die Annahme, daſs unter allen Umständen die Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt oder darstellt, eine halbe Parabel sei. Will man diese Voraussetzung nicht annehmen, sondern das wirkliche Gefälle für jeden der zwei unveränderlichen Querschnitte in den Bogentheilen der Parabel beibehalten, so müssen alsdann auch die abstracten Zahlen n' und n'' aus der Erfahrung bekannt seyn.

Weil sich aber diese wirklich mit ergeben, wenn man jene Voraussetzung macht, so habe ich geglaubt, diese Darstellung um so eher beibehalten zu dürfen, weil die Resultate der Rechnung mit den Erfahrungswerthen unter allen gedenkbaren Umständen ziemlich genau übereinstimmen.

Jene beiden theoretisch-empirischen Formeln (unter den vorher aufgeführten Voraussetzungen) mit der Erfahrung unter allen den gedenkbaren Umständen und Fällen, die in der Ausübung vorkommen können, wo Wasser beschleuniget wird, oder aus der gleichförmigen in die beschleunigte, oder aus der beschleunigten in die gleichförmige Bewegung übergehet, zu prüfen: dies soll der Gegenstand unserer jetzigen Untersuchung seyn.

170. Vergleichung der Formel $V' = -1{,}2261 + V(1010597\frac{a \cdot 1{,}414h}{pl} + 1{,}503356)$ mit den Michellottischen Versuchen, Beobachtung No. 176. bis No. 211. und Fig 55.

Anmerk. [Dabei ist die Beschreibung, welche den Versuchen No. 176. bis No. 211. beigefügt ist, nachzulesen, nämlich wie diese Beobachtungen angestellt sind, und welche Erscheinungen und physische Nebenumstände dabei statt gefunden haben.]

Der Boden $HIKL$ sollte ganz horizontal seyn, er war es aber nicht, wie uns bereits aus der Beobachtung No. 5. bekannt ist. AL, BK, CI und DH stellen die Scalen vor. Ferner ist $AB = 20$, $AC = 60$, $AD = 100$ Fuſs. Auf die ganze Länge AG hatte der Kanal das Gefälle

AM. Im Querschnitt GH wurde die mittlere Geschwindigkeit gesucht; daher ist die Länge $\frac{HL}{2} = \frac{1}{2}L$, welche dem Gefälle $0{,}707\,AM = 0{,}707\,\alpha$ entspricht.

Vergleicht man nun unter den bereits beschriebenen Umständen die Theorie mit der Erfahrung, so ist die grofse Uebereinstimmung, die bei den mehrsten Beobachtungen geometrisch genau zutrifft, ganz aufserordentlich.

171. Aber um sich zu überzeugen, dafs auch für den Abschnitt FN, Fig. 55., der ganzen Curve AG ein gleiches Verhalten statt findet, habe ich die Beobachtungen No. 212. bis No. 234. nach den beiden Scalen (𝔅) und (𝔇) nochmal berechnet. Die sich ergebenden Abweichungen sind einzig den bereits angeführten Erscheinungen und physischen Nebenumständen zuzuschreiben, die um so einflufsreicher seyn mufsten, weil nur die ganze Länge (L), welche dem Gefälle ($0{,}787\,\alpha$) zugehört, 40 Fufs ist. Dies wird auch aus der Rubrik (𝔅 − 𝔇) klar, wo die Gefälle nicht regelmäfsig zu- oder abnehmen; weshalb natürlich keine völlige Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung zu erwarten ist, und dennoch ist die Uebereinstimmung der mehrsten Beobachtungen noch anmerkungswerth.

172. Vergleichung der Formel $V' = -0{,}1057 + \sqrt{(8715{,}6\,\frac{a \cdot 1{,}414\,h}{pl} + 0{,}01118)}$ mit den Kypckischen Versuchen. S. Beobachtung No. 235. bis No. 239. und Fig. 56.

Es bezeichnet nämlich BIE den Boden, AB den Abhang desselben; BC die Wassertiefe am Anfang und DE am Ende des Kanals. Das ganze Gefälle ist $CL = FD$, und die ganze zugehörige Länge BIE. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers ist im Querschnitt DE gesucht, und Theorie und Erfahrung wird hier ebenfalls in einer fast geometrisch genauen Uebereinstimmung gefunden.

173. Vergleichung der Formel

$$V' = -1{,}8261 + \sqrt{(101059{,}7\,\frac{a \cdot 1{,}414(h + e + \mathfrak{H} - \mathfrak{P})}{pl} + 1{,}503356)}$$

mit den Bossutschen Versuchen, welche er in seinem Lehrbegriff der Hydrodynamik, II. Band, §. 770. bis §. 777. mitgetheilt hat. S. Beobachtung No. 160. bis No. 167. und Fig. 57.

Es ist aus der Hydraulik bekannt, dafs die Druckhöhe, welche auf die Geschwindigkeit des Wassers im Gerinne FM Einfluss hat, nicht $AF = H$, sondern nur diejenige Höhe $CE = h$ ist, die der Geschwindigkeit zugehört, womit das Wasser aus der Schützöffnung $FE = e$ ausströmt. Schon Herr Bossut hat dies in seinem Lehrbegriff der Hydrodynamik §. 716. angemerkt. Heifst nun die Wassermenge, welche in einer Secunde durch die Schützöffnung EF abfliefst $= M$, der Flächeninhalt der Schützöffnung $= be$, die mittlere Geschwindigkeit in der Schützöffnung $= E$, so ist die dieser Geschwindigkeit zugehörige Druckhöhe $= h = \frac{E^2}{4g} = \frac{M^2}{4gb^2e^2}$. Nun ist ferner $FE = e$, der Abhang des Bodens $FG = \mathfrak{H}$, die Wassertiefe am Ende des Gerinnes $= NM = \mathfrak{P}$; daher $ON = h + e + \mathfrak{H} - \mathfrak{P}$.

Denkt man sich nun eine halbe Parabel durch die Punkte C und N gelegt, deren Axe CO über dem Wasserspiegel liegt; und ist IK der Querschnitt $= a$, worin die mittlere Geschwindigkeit des beschleunigten Wassers gesucht wird, $EN = l$, so lassen sich die Bossutschen Versuche mit dem vorstehenden Ausdruck vergleichen; wenn man mit ihm annimmt, dafs $M = \frac{1}{2} . 26{,}907\, be\sqrt{(H - \frac{1}{3}e)}$ und $AF = H$ sei. (S. No. 233.) Das Zusammentreffen der Theorie und der Erfahrung ist auch hier anmerkenswerth.

174. Aber das Verhalten der Rechnungsresultate für dieselben Beobachtungen No. 160. bis No. 167. stimmen beinahe geometrisch genau mit der Erfahrung zusammen, wenn man mit Herrn Dubuat (S. seine Grundlehren der Hydraulik, §. 194.) $M = 0{,}81 . 26{,}907\, be\sqrt{(H - \frac{1}{3}e)}$ setzt. (S. No. 233.) Danach sind die Beobachtungen No. 168. bis No. 175. nochmal berechnet.

175. Ja! die Gleichung, welche ich (No. 173.) angeführt habe, stimmt noch gut genug mit den Bossutschen Versuchen, welche mit dem ersten Wasser angestellt wurden, welches durch den Kanal lief. Man vergleiche die Rechnungsresultate der Beobachtungen No. 151. bis No. 159. mit der Erfahrung. . . . . .

Eine so erfreuliche Uebereinstimmung führt zu der Ueberzeugung, dafs die theoretisch-empirische Formel, welche ich eingeführt habe, von der gröfsten Wichtigkeit bei Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers in Mühlengerinnen ist, und dafs sie mit völliger Sicherheit dabei angewandt werden kann.

176. Vergleichung der Formel

$$V = -1{,}2261 + \sqrt{(101059{,}7\, \frac{a \,.\, 1{,}414(h + e + X - \mathfrak{P})}{pl} + 1{,}503)}$$

mit den beiden Versuchen, welche Herr Dubuat in seinen Grundlehren der Hydraulik, II. Band, S. 113. §. 410. unter No. 185. und No. 186. mitgetheilt hat.

S. Beobachtung No. 240. bis No. 241. und Fig. 58.

Dabei bezeichnet die Druckhöhe $AF = H$, die Höhe der Schützöffnung $FE = e$, die mittlere Geschwindigkeit in der Schützöffnung $= E$, daher $\frac{E^2}{4g} = h = \frac{M^2}{4gb^2e^2}$ (weil $a = be$); der Abhang des Gerinnebodens $FG = X$, die Wassertiefe $NO = \mathfrak{P}$, daher $MN = h + e + X - \mathfrak{P}$, $FO = L$. Denkt man sich nun durch die Punkte CIN eine halbe Parabel gelegt, deren Axe CM über dem Wesserspiegel liegt; so fragt es sich, wie grofs die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Querschnitt KI ist. Die vorstehende Formel trift auch hier mit der Erfahrung geometrisch genau zusammen, so dafs keine genaueren Resultate zu verlangen sind.

177. Es ist mir überdem sehr erwünscht, durch eine Dubuatsche Beobachtung, welche er im II. Theil seiner Grundlehren S. 116. im 189. Versuch mittheilt, ganz auffallend zu beweisen:

dafs, wenn der Wasserspiegel aus mehreren Curven zusammengesetzt ist, das Gefälle doch nur aus derjenigen Curve abgeleitet werden mufs, in welche der Querschnitt fällt.

Man überzeuge sich deshalb durch nachstehende Beobachtung No. 84. und Fig. 59. Es ist nämlich:

$AB = 9{,}166$, $BC = 6{,}1395$, $DE = 1{,}012$, $EF = 6{,}583$, $FG = 4{,}0833$, $GH = 3{,}627$, $IK = 9{,}718$, $KL = 4{,}75$, $LM = 0{,}837$, $BP = 1584$; $BG = 648$, $GL = 720$, $LP = 216$. NO und OP sind unbekannt.

Die Breite des Gerinnes ist $b = 17{,}25$, der Flächeninhalt des Querschnitts $KL = a = 82{,}538$ □zoll, der Umfang $= p = 26{,}66$, die Wassermenge in der Secunde $M = 3888$ Kubikzoll, die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt $KL = 47{,}678$ Zoll. Dieser Geschwindigkeit entspricht auf die Länge $LG = 720$ Zoll nur das Gefälle $RK = 5{,}145$ Zoll.

Sieht man daher $QRST$, als die Axe der beiden halben Parabeln $AEST$ und $QRSKO$ an, so überzeugt man sich augenfällig, dafs die oberhalb belegene Curve AES keinen Einfluſs auf den Abfluſs des Wassers im Querschnitt KL hat.

178. Vergleichung der Formel

$$V'' = -0{,}1137 + \sqrt{(9370{,}9 \frac{a \,.\, 0{,}586h}{pl} + 0{,}01247)}$$

mit den Versuchen, welche der Herr von Wiebeking im Landsberger Floſskanal angestellt hat. S. Beobachtung No. 243. bis No. 244.

Die Uebereinstimmung der Formel mit der Erfahrung ist so befriedigend, dafs genauere Resultate nicht zu erwarten sind.

179. Vergleichung der Formel

$$V'' = -1{,}2261 + \sqrt{(101059{,}7 \frac{a \,.\, 0{,}586(h + e + X - \mathfrak{P})}{pl} + 1{,}503)}$$

mit dem Dubuatschen Versuch No. 185. im Querschnitt NO Fig. 58. S. Beobachtung No. 242.

Das Zusammentreffen der Formel mit der Erfahrung ist genügend, weil nur die Abweichung $\frac{1}{5}$ des Ganzen beträgt, und in Messung der Wassertiefe (die zu 1,5 Zoll angegeben wird) ihren Grund haben kann, weil zwei Linien, unrichtig beobachtet, diese Differenz verursachen.

180. Vergleichung der Formel

$$V'' = -1{,}2261 + \sqrt{(101059{,}7 \frac{a \,.\, 0{,}586(h + \mathfrak{H} - \mathfrak{P})}{pl} + 1{,}503356)}$$

mit den Bossutschen Versuchen, welche in seinem Lehrbegriff der Hydrodynamik §. 710. bis §. 715. mitgetheilt sind. S. Beobachtung No. 245. bis No. 250. und Fig. 60.

Diese Beobachtungen wurden ebenfalls mit dem ersten Wasser angestellt, welches durch den Kanal floſs. Der Boden KF war horizontal, das Wasser floſs aber nicht im letzten Querschnitt IK gleichförmig, sondern beschleunigt in freier Luft ab; deshalb kann die vorstehende Formel, wenn die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt KI gesucht werden soll, nicht völlig befriedigende Resultate geben, indem sie voraussetzt, dafs das Wasser im Querschnitt IK gleichförmig geworden ist.

Diesen Umstand in Erwägung gezogen, vergleiche man Theorie und Erfahrung, und man wird finden, dafs die Formel diese Erscheinung sehr genau angiebt, indem die Rechnungsresultate sämmtlich etwas kleiner als die der Erfahrung sind.

181. Durch diese Darstellung glaube ich es hinlänglich mit Beobachtungen erwiesen zu haben, dafs die beiden mitgetheilten theoretisch-empirischen Formeln (No. 169., die aber nur für zwei unveränderliche Querschnitte in der halben Parabel gültig sind) nicht allein für die Ausübung unter den gemachten Voraussetzungen brauchbar, sondern dafs auch die Voraussetzungen zulässig sind, welche ich bei ihrer Entwickelung gemacht habe. Die Bestätigung dieser Behauptung wird durch den Verfolg dieser Untersuchungen auf die erfreulichste Weise ganz aufser allem Zweifel gesetzt, so mannigfaltige Anwendung auch davon gemacht wird.

XV.

Von den Rücksichten, die man bei Anwendung der Theorie, von der beschleunigten Bewegung des Wassers in Strombetten, zu nehmen hat.

182. Es ist schon (No. 34. und No. 51.) bemerkt, dafs sich in Flüssen und Strömen, die im Beharrungszustand sind, Querschnitte befinden, die den Abfluss des Wassers hemmen, nämlich, dafs das Wasser oberhalb des verengten Querschnitts veranlafst wird aufzustauen, und mit beschleunigter Bewegung abzufliefsen. Oberhalb und gleich unterhalb solcher Stellen ist man nun im Stande nach der Gleichung (No. 169.) die mittlere Geschwindigkeit des Wassers für bekannte Querschnitte zu finden, wenn nur das Gefälle in aller Schärfe bekannt ist.

Dies nun vorausgesetzt, so vergleiche man die Beobachtungen No. 251. bis No. 641. mit den Resultaten, die die Gleichung

$$V' = -0{,}0067675g + V(557{,}798g\,\frac{a \,.\, 1{,}414h}{pl} + 0{,}0000458g^2),$$

für die verengten Querschnitte, wo das Wasser beschleuniget wird, giebt, und man wird die erfreulichste Uebereinstimmung antreffen, wenn man aufserdem erwägt, dafs die Versuche in grofsen Kanälen, Flüssen und zwei Hauptströmen Deutschlands angestellt sind; dafs öfters nur das Gefälle des Wasserspiegels an einem Ufer bekannt, auch vielleicht nicht mit der möglich gröfsten Schärfe bestimmt ist; dafs kleine öfters unvermeidliche Fehler bei der Aufnahme der Querschnitte u. s. w. entstanden sind; und endlich hat man nur stets das Gefälle bis zur verengten Abflufsöffnung (q) angenommen, und daraus, nach vorstehender Gleichung, V und M berechnet. Aber in den mehrsten Fällen der Ausübung ist in der Abflufsöffnung (q) selbst noch eine Druckhöhe $= H$ vorhanden, die die beschleunigte Bewegung in der Abflufsöffnung bewirkt, und diese ist in der Formel nicht in Betracht gezogen; wonach also die Geschwindigkeit und Wassermenge stets etwas gröfser ausfallen müfste, als wie sie wirklich nach den Formeln gefunden ist. — Dies alles erwogen, so ist die Uebereinstimmung völlig befriedigend.

Aber ein noch sichereres, wenn auch nicht ein genaueres, Zusammentreffen der Rechnungsresultate mit der Erfahrung, ist dadurch zu erlangen, wenn man sich desjenigen Verfahrens bedient, welches ich erst der Ordnung wegen No. 271. bis No. 274. umständlich vortragen kann, und welches eigentlich diejenige Methode ist, die dem Practiker alle Sicherheit zur Erreichung richtiger Resultate für verengte Querschnitte der Flüsse und Ströme gewährt, nämlich: dafs man nach einer ganz anderen Betrachtung diejenige Wassermenge bestimmt, welche durch den verengten Querschnitt abfliefst.

183.

183. Durch diese Darstellung (No. 164. bis No. 182.) ist man also in den Stand gesetzt, in den verengten Querschnitten der Flüsse und Ströme, wenn das Wasser beschleuniget wird, die richtige mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge zu bestimmen, welches ich jetzt als ganz zuverläfsig voraussetze, um darauf eine andere sehr wichtige Untersuchung gründen zu können. —

B. Hydrometrische Messungen, wenn der Wasserspiegel eine Parabel bildet, deren hohle Seite dem Boden zugekehrt ist.

Alsdann ist jedesmal $V' = -0{,}0067675\,g + \sqrt{\left(\frac{557{,}798\,Q}{P}\cdot\frac{0{,}707\,F}{0{,}5\,L} + 0{,}0000458\,g^2\right)}$, oder

$$V' = -0{,}0067675\,g + \sqrt{\left(557{,}798\,\frac{a^2\,1{,}414}{p\,l} + 0{,}0000458\,g^2\right)}$$

Herr Bossut theilt in seinem Lehrbegriff der Hydrodynamik, 2. Band, §. 704. bis §. 777. mehrere Beobachtungen mit, die in einem hölzernen Gerinne angestellt worden sind. Das Gerinne war von 105 bis 600 Fufs abwechselnd lang, 5 Zoll breit, und mit einem Behältnifs in Verbindung, worin das Wasser von 4 bis 140 Zoll über dem Anfang des Kanalbodens stand. An diesem Behältnifs befand sich ein Schützbrett, welches $\frac{1}{4}$ bis 2 Zoll hoch gezogen wurde, und gegen welches das Gerinne jede beliebige Neigung erhalten konnte. Das Wasser flofs am Ende des Gerinnes in freier Luft ab. Die Geschwindigkeit des Wassers wurde auf zweierlei Art beobachtet: einmal, dafs man die Zeit von dem Augenblick an, da man das am Behälter angebrachte Schützblech zog, bis zu dem Augenblick, wo das erste Wasser jeden Theilungspunkt des Gerinnes durchlaufen hatte, beobachtete; oder, dafs, wenn das Wasser einen regulären und ohne fernere Abänderung fortdauernden Lauf angenommen hatte, man alsdann dessen Geschwindigkeit in jedem Punkt des Gerinnes durch schwimmende Körper mafs. Dabei bezeichnet: H die beständige Wasserhöhe des Behälters über dem Boden; e die Höhe des Schützaufzuges; M die Wassermenge, welche in jeder Secunde aus der Schützöffnung strömt, in Kubikzolle ausgedrückt, $= \frac{2}{3}\cdot 26{,}907\cdot 5\cdot e\sqrt{(H-\frac{1}{2}e)} = 84{,}085\,e\sqrt{(H-\frac{1}{2}e)}$; t die Zeit in Secunden ausgedrückt, welche verfloss, während das Wasser das ganze Gerinne durchlief; $C = \frac{l}{t}$ die Geschwindigkeit des Wassers im Gerinne und zwar eines Stromfadens in der Oberfläche, wenn l die Länge des Gerinnes bedeutet. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem Querschnitt, gerade in der Mitte des Gerinnes, ist genugsam $V = 0{,}82\,C$, wie solches auch (No. 67.) näher bewiesen worden; die der mittlern Geschwindigkeit des Wassers in der Schützöffnung zugehörige Höhe ist diejenige Druckhöhe, welche auf die Bewegung des Wassers im Gerinne mit Einfluss hat; sie heifst $= h$, der Flächeninhalt des Querschnitts in der Mitte des Gerinnes $= q$, sein Umfang $= p$, der Abhang des Bodens $= \mathfrak{h}$; die durch Berechnung gefundene mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts ist

$$= V' = -1{,}2261 + \sqrt{\left(\frac{1010597\cdot q}{p}\cdot\frac{0{,}707\,(h+\mathfrak{h})}{0{,}5\,l} + 1{,}503\right)}.$$

Alle Gröfsen sind in Pariser Zollmaafs ausgedrückt.

No.	No. der Bossutschen Versuche.	H	e	M	t	C	h	$\mathfrak{h}$	l	V	q	p	V'
151	42	140	0,5	498	9,5	132,7	54,800	126	1260	109	4,5685	6,8274	115
152	43	92	0,5	399	10,5	120	35,182	126	1260	98,5	4,0507	6,6200	103
153	44	44	0,5	276	12,5	101	16,830	126	1260	83	3,3250	6,3300	91
154	45	140	1	982	7,25	174	53,278	126	1260	142,5	6,8910	7,7568	135
155	46	92	1	795	8	158	34,920	126	1260	129	6,1550	7,4620	121,4
156	47	44	1	546	9,5	133	16,470	126	1260	109	5	7	106,3
157	48	140	1,5	1476	6,5	194	53,490	126	1260	159	9,2830	8,7132	146
158	49	92	1,5	1192	7,25	174	34,890	126	1260	142,5	8,3640	8,3460	134
159	50	44	1,5	817	8,50	148	16,390	126	1260	122	6,7240	7,6900	118

No.	No. der Bossutschen Versuche.	H	e	M	t	C	h	$\mathfrak{h}$	l	V	q	p	V'
160	51	48	1	574	52	138/5	18/75	720	7200	113/5	5/067	7/026	102
161	52	48	2	1143	44	164	18/75	720	7200	134	8/519	8/408	121
162	53	24	1	404	58	124	9/375	720	7200	102	3.968	6/587	88/5
163	54	24	2	800	48	150	9/375	720	7200	123	6/504	7/602	106
164	55	12	1	282	33	109	4/687	360	3600	89/5	3/156	6/261	84/5
165	56	12	2	552	27	133	4/687	360	3600	109/5	5/048	7/019	101
166	57	4	1	156	39/5	91	1/344	360	3600	75	2/087	5/830	71
167	58	4	2	289	33/5	107/5	1/152	360	3600	88	3/777	6/310	85

Setzt man aber, wie Herr Dubuat, §. 194. und §. 195. seiner Grundlehren gethan hat, die Wassermenge M nicht $\frac{1}{2}\mathfrak{M}$, sondern $M = 0{,}82\,\mathfrak{M}$, so hat man für die acht letzten Beobachtungen:

168	51	48	1	753	52	138/5	31/327	720	7200	113/5	6/12	7/448	109/5
169	52	48	2	1489	44	164	30/624	720	7200	134	10/223	9/089	128/2
170	53	24	1	529	58	124	15/462	720	7200	102	4/755	6/902	99/5
171	54	24	2	1048	48	150	15/170	720	7200	125	7/840	8/136	117/3
172	55	12	1	370	33	109	11/987	360	3600	89/5	3/703	6/481	90/6
173	56	12	2	724	27	133	7/240	360	3600	109/5	5/946	7/378	107/2
174	57	4	1	204	39/5	91	2/209	360	3600	75	2/469	5/987	75/8
175	58	4	2	377	33/5	107/5	1/963	360	3600	88	3/746	6/498	89/7

Nachstehende Beobachtungen sind aus Herrn Michellotti's hydraulischen Versuchen, übersetzt vom Herrn Professor Zimmermann, Berlin 1808, entlehnt. Der horizontale Kanal wurde, im Jahr 1765, 108 Pariser Fuſs lang und 2 Fuſs breit gemacht. 30 Fuſs vom Anfang desselben wurde die erste Scale (𝔄) angefertiget, 60 Fuſs von der ersten eine zweite (𝔇). Der Kanal war aber nicht ganz horizontal. Die Messungen im Frühjahr 1767 bewiesen (S. 178.), daſs von 𝔄 bis 𝔇 der Boden um 8 Linien stieg. Die Differenz der Wassertiefen an den Scalen giebt daher nicht ganz genau das Gefälle des Wasserspiegels an, um so weniger, da noch andere Naturerscheinungen bei der Bewegung des Wassers in diesem Kanal bemerkt wurden. Nämlich auf der Oberfläche des Wassers, der Quere nach, bildete sich eine convexe Linie; überdem floſs das Wasser der Länge nach wallend, wirbelnd und wellenförmig (S. 181.), welches wohl darin seinen Grund hatte, daſs am Anfang des Kanals das Wasser 12/333 Zoll senkrecht herabstürzte, und nach Beobachtungen (S. 118., 196. und 198.) bis auf 47 Fuſs hin, vom Schütz ab gerechnet, anschwoll, wirbelte und wallte. An der ersten und zweiten Scale muſste daher die Aufzeichnung der Wassertiefen mangelhaft ausfallen.

Im Jahr 1767 und 1768 wurden neue Beobachtungen angestellt, vorher aber der Kanal verlängert und vier Scalen angebracht, und zwar 20 Fuſs von der ersten (𝔄) eine zweite (𝔅); die dritte (𝔇) blieb unverändert 60 Fuſs von der ersten. Die vierte (𝔈) 40 Fuſs von der dritten und 100 Fuſs von der ersten. Der Boden war auch jetzt noch nicht ganz horizontal (S. 181.). Es bleibt aber, wenn man die schönen Beobachtungen mit der Theorie vergleichen will, kein anderes Mittel übrig, als daſs man annimmt, der Boden des Kanals sei ganz horizontal gewesen, und die Differenz der Wassertiefen an den Scalen gebe das richtige Gefälle des Wasserspiegels an. Die Differenzen zwischen Theorie und Erfahrung bei diesen Versuchen liegen also wirklich in der Unmöglichkeit, für jede Beobachtung das richtige Gefälle des Wasserspiegels genau angeben zu können; gleichwohl bestätigen auch diese Versuche, so wie die vorstehenden Bossutschen. No. 151. bis No. 175., die schöne Uebereinstimmung mit der Formel

$$V = -1{,}2261 + \mathcal{V}\left(\frac{1010597 \cdot q \cdot 0{,}707(\mathfrak{A} - \mathfrak{E})}{p \cdot 0{,}5^{l}} + 1{,}503356\right).$$

Alle Gröſsen in Pariser Zollmaaſs ausgedrückt.

No.	Angabe der Seiten, wo die Versuche zu finden sind.	𝔄 Ite Scale.	𝔅 IIte Scale.	𝔇 IIIte Scale.	𝔈 IVte Scale.	𝔄—𝔈	L	B	Q	P	V	M	V′	M′
Beobachtungen, welche im Jahr 1764 und 1765 angestellt sind.														
176	141	14	—	11	—	3	720	24	264	46	45,05	11895	57,24	15115
177	142	12,25	—	10	—	2,25	720	24	240	44	41,20	10610	48,3	11592
178	142	12	—	10	—	2	720	24	240	44	41,60	9985	45,32	10877
179	142	9,5	—	8	—	1,5	720	24	192	40	31,51	6050	36,6	7026
180	143	9	—	7,5	—	1,5	720	24	180	39	32,70	5886	35,85	6452
181	143	9	—	7,5	—	1,5	720	24	180	39	35,60	6308	35,26	6452
182	143	8,588	—	7,08	—	1,505	720	24	170	38	32,25	5483	35,26	5994
183	144	8,5	—	7,25	—	1,25	720	24	174	38,5	31,36	5456	32,25	5613
184	144	7,75	—	6,25	—	1,25	720	24	156	37	31,27	4878	31,11	4854
185	144	7,75	—	6,5	—	1,25	720	24	156	37	31,27	4882	31,11	4854
186	144	7,58	—	6,083	—	1,505	720	24	146	36	31,83	4647	33,50	4891
187	144	6	—	4,833	—	1,177	720	24	116	33,6	25,91	3005	27,17	3152
Beobachtungen, welche im Jahr 1767 angestellt worden sind.														
188	179	10,25	—	8,750	7,416	2,832	1200	24	1679	38,83	28,17	5015	27,33	4588
Beobachtungen, welche im Jahr 1767 angestellt worden sind.														
189	181	14	13,5	12	11,5	2,500	1200	24	276	47	41,56	11472	40,6	11202
190	182	13,33	12,916	11,833	10,25	3,080	1200	24	246	44,5	42,63	10487	43,8	10526
191	182	13	12,666	11,666	10	3,000	1200	24	240	44	42,46	10190	43	10300
192	182	12,916	12,583	11,583	9,666	3,250	1200	24	232	43,33	41,17	9551	44,3	10277
193	182	11,416	11	10,250	8,500	2,916	1200	24	204	41	40,40	8241	40,4	8229
194	183	11,250	10,833	10	8,416	2,834	1200	24	202	40,83	39	7871	39,7	8006
195	183	11	10,500	9,75	8	3,000	1200	24	192	40	40	7679	40,2	7715
196	183	10,75	10,500	9,666	8	2,750	1200	24	192	40	38	7308	38,5	7376
197	183	9	8,750	8,166	6,833	2,167	1200	24	164	37,66	36,2	5922	32,3	5297
198	184	8,5	8,250	7,666	6,333	2,167	1200	24	152	36,66	31,8	4824	31,5	4786
199	184	8,333	7,833	7,416	6,250	2,083	1200	24	150	36,5	32	4788	30,8	4605
200	184	8,166	7,750	7,166	5,833	2,333	1200	24	140	35,66	32,2	4500	31,9	4462
201	184	7,75	7,416	6,833	5	2,750	1200	24	120	34	35	4188	32,3	3932
202	184	6,833	6,416	6	4,833	2,000	1200	24	116	33,66	28,5	3312	27,5	3157
203	197	12,916	12,583	11,583	9,666	3,250	1200	24	232	43,33	43,8	10170	44,3	10276
204	197	11	10,500	9,750	8	3,000	1200	24	192	40	39,3	7542	40,2	7715
205	199	12	11,500	10,750	8,25	3,750	1200	24	198	40,5	39,4	7800	45,5	9105
206	199	13,75	13,000	12,250	10,333	3,417	1200	24	248	44,66	41,4	10260	46,4	11490
207	199	8,5	8,166	7,750	6,25	2,250	1200	24	150	36,5	32,6	4895	32	4790
208	203	12,75	12,250	11,250	9,916	2,833	1200	24	238	43,8	42,8	10188	41,6	9894
209	203	6,816	6,333	6	4,816	2,000	1200	24	115,6	33,6	28,6	3312	27,5	3157
210	204	13,75	13	12,250	10,333	3,417	1200	24	248	44,6	41,4	10260	46,3	11490
211	211	13,333	13	11,916	10,250	3,083	1200	24	246	44,5	42,5	10475	43,8	10778

Um zu beweisen, dafs die Gleichung $V' = -1{,}2261 + V(101059{,}7 \frac{a \cdot 1{,}414\,h}{pl} + 1{,}503356)$ allgemein gültig ist, wenn auch nur der Wasserspiegel ein Parabelbogenstück bildet, so sind die Beobachtungen No. 176. bis No. 211. nochmal nach den beiden Scalen (𝔅) und (𝔇), deren Entfernung nur 40 Fufs beträgt, berechnet. Die Abweichungen, die zwischen Theorie und Erfahrung angetroffen werden, liegen einzig in der fehlerhaften Bestimmung der Gröfsen unter der Rubrik (𝔅 — 𝔇), d. h.

das Gefälle des Wasserspiegels hat nicht genau genug ermittelt werden können, wie auch die unregelmäfsige Abnahme der Gefälle beim Wachsen und Fallen der Wassertiefen hinlänglich bezeugt.

No.	𝔅	𝔇	𝔅 − 𝔇	L	B	Q	P	V	M	V'	M'
212	13,5	12	1,5	480	24	288	48	39,833	11472	50,834	14640
213	12,916	11,833	1,0833	480	24	284	48	36,926	10487	42,450	12077
214	12,666	11,666	1	480	24	280	48	33,970	10190	42,903	12870
215	12,583	11,583	1	480	24	278	47	34,360	9551	40,737	11330
216	11	10,25	0,75	480	24	246	45	33.500	8241	33,711	8292
217	10,833	10	0,833	480	24	240	44	32,780	7871	35,544	8530
218	10,500	9,75	0,750	480	24	234	44	32,810	7679	33,234	7776
219	10,500	9,666	0,833	480	24	232	43	31,5	7308	33,707	7804
220	8,750	8,166	0,584	480	24	196	40	30,214	5922	27,963	5480
221	8,250	7,666	0,584	480	24	184	39	26,762	4824	27,420	5045
222	7,833	7,416	0,417	480	24	178	39	26,900	4788	22,577	4018
223	7,750	7,166	0,584	480	24	172	38	26,163	4500	26,824	4614
224	7,416	6,833	0,583	480	24	164	38	25,537	4188	26,095	4279
225	6,416	6	0,416	480	24	144	36	23	3312	21,067	3033
226	12,583	11,583	1	480	24	278	47	36,583	10170	40,710	11318
227	10,500	9,750	0,750	480	24	234	41	32,232	7542	33,207	7771
228	11,500	10,750	0,75	480	24	258	46	30,303	7800	34,143	8809
229	13,000	12,250	0,75	480	24	294	49	34,898	10260	34,354	10100
230	8,166	7,750	0,416	480	24	186	41	26,317	4895	22,462	4178
231	12,225	11,250	1,005	480	24	270	47	37,726	10188	40,378	10902
232	6,333	6	0,333	480	24	144	36	23	3312	18,690	2691
233	13	12,25	0,750	480	24	294	49	34,898	10260	34,354	10100
234	13	11,916	1,084	480	24	286	48	36,541	10475	42,532	12170

Der Herr Ober-Landesbaudirector Eytelwein beschreibt in dem Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, Berlin 1801, S. 136. bis 139., einen Theil derjenigen Beobachtungen, welche der Herr Bauinspector Kypcke bei Bromberg in einem Kanal angestellt hat: ich theile sämmtliche Versuche unter No. 744. bis No. 787. vollständig mit, und hebe nur jetzt diejenigen fünf Beobachtungen [nämlich No. 748. 751. 758. 765 und 783.] der Ordnung wegen aus, wo das Wasser frei abfloſs; um zu zeigen, daſs auch diese Messungen mit der Formel

$$V = -1{,}2748 + \mathcal{V}\left(\frac{105070 \cdot Q \cdot 0{,}707\,F}{P \cdot 0{,}5\,L} + 1{,}6251\right)$$

übereinstimmen; alle Gröſsen in Rheinl. Zollmaaſs ausgedrückt.

Dabei bezeichnet $\mathfrak{H}$ die Wassertiefe am Anfang des Kanals, B die unveränderliche Breite desselben, X der Abhang des Bodens auf die Länge L des Kanals, h die Wassertiefe in der Ausflufsöffnung. Die übrigen Bezeichnungen der Rubriken sind bereits bekannt.

No.	$\mathfrak{H}$	B	X	h	Q	P	F	L	λ	V	M	V'	M'
235	5,166	48	4,14	3,431	164,7	55	5,875	2880	347	27,84	4585	28,85	4759
236	4,095	48	4,14	3,360	161,3	55	4,875	2880	472	25,3	4079	26,10	4234
237	5,125	48	4,14	3,265	156,7	55	6	2880	339	27,38	4290	28,40	4453
238	5,156	48	4,14	3,296	158,2	55	6	2880	339	27,49	4350	28,50	4515
239	4,583	48	4,14	3,223	154,7	55	5,5	2880	370	26	4021	26,97	4173

Herr Dubuat beschreibt im II. Theil seiner Gundlehren der Hydraulik S. 113. §. 410. die unter No. 185. und No. 186. angestellten Beobachtungen; beide stimmen mit der Formel

$$V = -1{,}2261 + \sqrt{(10{,}1059 \frac{Q \cdot 0{,}707(\mathfrak{h} + e + X - h)}{P \cdot 0{,}5\, l} + 1{,}5033)}$$

geometrisch genau überein. Dabei bezeichnet H die Druckhöhe des Wassers über dem Schützenaufzug, e die Höhe des Schützenaufzuges, M die Wassermenge, E die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Schützöffnung, $\mathfrak{h}$ die dieser Geschwindigkeit zugehörige Druckhöhe, X den Abhang des Gerinnebodens auf die Länge L, B die Breite des Gerinnes, h die Wassertiefe im Querschnitt Q. Die übrigen Bezeichnungen sind bekannt.

No.	H	e	M	E	$\mathfrak{h}$	X	B	h	Q	P	F	L	λ	V	V_I	M'
240	1,666	4,083	432	6,4	0,0504	5,581	17,166	1	17,166	19,16	8,2144	1440	124	25,10	25,79	442
241	3	4	1004	14,83	0,2955	4,768	17,166	1,833	31,455	20,83	6,852	1440	255	31,92	30,81	969

C. Hydrometrische Messungen, wenn der Wasserspiegel eine Parabel bildet, deren convexe Seite dem Boden zugekehrt ist.

Alsdann ist jedesmal die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts

$$V = -0{,}006767 g + \sqrt{(557{,}798 g \cdot \frac{Q \cdot 0{,}293 F}{P \cdot 0{,}5\, L} + 0{,}0000458 g^2)}.$$

Herr Dubuat giebt in der Beobachtung No. 185. die Wassertiefe auf 1440 Zoll, vom Anfangspunkt an gerechnet, zu 1,5 Zoll an; alsdann ist

No.	H	e	M	E	$\mathfrak{h}$	X	B	h	Q	P	F	L	λ	V	V'	M'
242	1,666	4,083	432	6,04	0,0504	5,581	17,166	1,5	25,74	20,16	8,2144	1440	299,1	16,78	19,543	503

Herr von Wiebeking theilt in seiner theoretisch-praktischen Wasserbaukunst, III. Band, München 1814, §. 212. S. 192., eine Beobachtung mit, welche im Landsberger Flofskanal angestellt worden ist. Man fand im letzten Querschnitt des Kanals die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $V = 15{,}8$ und die Wassermenge $M = 605$ Kubikfufs; alle Gröfsen im Bairischen Fufsmaafs ausgedrückt. Die Formel

$$V = -0{,}1137 + \sqrt{(9371 \cdot \frac{Q \cdot 0{,}293 F}{P \cdot 0{,}5 L} + 0{,}01247)}$$

giebt: [h' und h'' sind die Wassertiefen, und B' und B'' die Breiten des Kanals am Anfang und am Ende.]

No.	h'	h''	B'	B''	X	F	L	λ	Q	P	V	M	V'	M'
243	2,0416	1,0416	34,75	36,833	7,7237	8,7237	213,18	44,241	38,343	38,9	15,8	605	14,876	566
244	2,2916	1,2916	34,75	36,833	7,7237	8,7237	213,18	44,241	47,468	39,31	16,7	792	15,886	754

Herr Bossut hat seine sechs ersten Beobachtungen, wovon ich bereits einen Theil unter No. 151. bis No. 175. mitgetheilt habe, in einem horizontalen Gerinne angestellt, jedoch nicht, wenn das Wasser fortwährend abfloss; sondern es wurde nur die Zeit beobachtet, wenn das erste Wasser an die verschiedenen Abtheilungen des Gerinnes ankam. Sucht man aber die mittlere Ge-

schwindigkeit des letzten Querschnitts im Gerinne, so würde selbige nach der Formel gewesen seyn: [Die Bezeichnungen sind bekannt.]

No.	H	c	M	t	C	k	$\mathfrak{h}$	l	V	Q	P	V'
245	140	0,5	498	23	54,8	54,8	—	1260	45	11,083	9,482	53,5
246	92	0,5	399	28	45	35,18	—	1260	37	10,813	9,324	42,5
247	44	1,5	276	38	33	16,83	—	1260	27,5	10,030	9	28,56
248	140	1	982	16,25	77,5	53,27	—	1260	63,5	15,622	11,264	58,92
249	92	1	795	20	63	34,92	—	1260	52	15,39	11,156	46,36
250	44	1	546	26	48,5	16,47	—	1260	40	13,74	10,5	30,60

D. Hydrometrische Messungen, wenn der Wasserspiegel mehrere Parabeln bildet, wo bald die hohlen, bald die convexen Seiten dem Boden zugekehrt sind.

Hydrometrische Versuche, welche in der Saale (S. Fig. 1.), und zwar von Gros-Roseburg bis Saalhorn, bei einem Wasserstande von 4 Fuſs am Unter-Drempel der Calbenschen Schleuse, im Jahr 1817 durch die Herren Conducteure Krahmer und Vogler, unter der Aufsicht des Herrn Wasserbauinspectors Krause und unter der Direction des Herrn Wasserbauraths Münnich angestellt; im Jahr 1818 aber von neuem durch den Herrn Conducteur Zimmermann revidirt sind.

Diese Messungen sind sehr merkwürdig. Die Saale macht in diesem Flufsbezirk Krümmungen in Krümmungen. Die Gestalten der Querschnitte verändern sich fast von 25 zu 25 Ruthen, sie sind eben so wenig gleich als ähnlich. Die Breiten der Saale wechseln von 141 bis 447 Fuſs; die Tiefen von 1,7136 bis 10,783; die Flächeninhalte der Querschnitte von 476 bis 2621 □fuſs; die Abhangsquotienten von $\frac{1}{1367}$ bis $\frac{1}{23750}$; die mittleren Geschwindigkeiten von 0,63575 bis 3,3403 Fuſs: gleichwohl ist der Fluſs im Beharrungszustande, und liefert in der Secunde eine Wassermenge von 1578 Kubikfuſs. Bald flieſst das Wasser gleichförmig und frei, bald wird es beschleuniget, bald verträgt; desungeachtet läſst sich die richtige mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge in den engsten Querschnitten, oder vielmehr in denjenigen Querschnitten finden, von denen die Bewegung des Wassers in den übrigen abhängig ist. Alle Gröſsen sind im Rheinl. Fuſsmaſs ausgedrückt.

No.	E	$\mathfrak{F}$ links	$\mathfrak{F}$ rechts	$\mathfrak{F}$ mittel	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L	λ	V	M	V'	M'
251	300	0,037	0,037	0,037	309	3,945	1218	313	—	—	—	—	—	1,294	1578	—	—
252	600	0,081	0,071	0,076	329	3,567	1173	331	—	—	—	—	—	1,344	1578	—	—
253	900	0,114	0,102	0,108	329	3,146	950	303	—	—	—	—	—	1,661	1578	—	—
254	1200	0,136	0,126	0,131	229	3,034	695	234	0,131	0,0926	—	1200	6478	2,270	1578	1,8961	1318
255	1500	0,137	0,158	0,1475	210	4,593	992	221	—	—	—	—	—	1,590	1578	—	—
256	1800	0,160	0,168	0,164	270	3,787	1022	274	—	—	—	—	—	1,542	1578	—	—
257	2100	0,202	0,198	0,200	297	3,843	1141	300	—	—	—	—	—	1,381	1578	—	—
258	2400	0,253	0,237	0,246	301	4,614	1389	304	—	—	—	—	—	1,136	1578	—	—
259	2700	0,298	0,290	0,294	283	4,897	1386	287	—	—	—	—	—	1,138	1578	—	—
260	3000	0,320	0,302	0,311	242	7,574	1833	247	—	—	—	—	—	0,860	1578	—	—
261	3300	0,332	0,313	0,3225	212	7,608	1613	216	—	—	—	—	—	0,978	1578	—	—
262	3600	0,350	0,327	0,3385	266	4,221	1123	267	—	—	—	—	—	1,405	1578	—	—
263	3900	0,358	0,336	0,3470	184	7,875	1449	191	—	—	—	—	—	1,089	1578	—	—
264	4200	0,392	0,363	0,3775	203	8,837	1794	211	—	—	—	—	—	0,879	1578	—	—
265	4500	0,434	0,397	0,4155	231	5,523	1276	233	—	—	—	—	—	1,236	1578	—	—

No.	E	$\mathfrak{F}$ links	$\mathfrak{F}$ rechts	$\mathfrak{F}$ mittel	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L	λ	V	M	V'	M'
266	4800	0,460	0,438	0,4490	188	7,297	1372	198	—	—	—	—	—	1,150	1578	—	—
267	5100	0,486	0,458	0,472	232	4,435	1029	234	—	—	—	—	—	1,534	1578	—	—
268	5400	0,502	0,468	0,485	247	4,307	1064	251	—	—	—	—	—	1,485	1578	—	—
269	5700	—	0,471	0,4885	213	4,759	1009	216	—	—	—	—	—	1,485	1578	—	—
270	6000	0,507	0,477	0,492	235	5,961	931	236	0,1145	0,0809	—	1800	11120	1,695	1578	1,6587	1547
271	6300	0,516	0,482	0,499	255	4,256	1077	256	—	—	—	—	—	1,465	1578	—	—
272	6600	0,519	0,487	0,503	235	5,447	1279	238	—	—	—	—	—	1,234	1578	—	—
273	6900	0,521	0,489	0,505	245	5,355	1312	247	—	—	—	—	—	1,205	1578	—	—
274	7200	0,524	0,496	0,51	293	4,180	1225	297	—	—	—	—	—	1,282	1578	—	—
275	7500	0,529	0,500	0,5145	275	5,039	1389	280	—	—	—	—	—	1,136	1578	—	—
276	7800	0,533	0,507	0,52	279	4,672	1334	281	—	—	—	—	—	1,185	1578	—	—
277	8100	0,536	0,513	0,5245	276	5,670	1565	279	—	—	—	—	—	1,051	1578	—	—
278	8400	0,537	0,515	0,526	282	6,379	1799	285	—	—	—	—	—	0,877	1578	—	—
279	8700	0,528	0,517	0,5225	230	9,287	2136	236	—	—	—	—	—	0,738	1578	—	—
280	9000	0,524	0,519	0,5215	240	10,921	2621	245	—	—	—	—	—	0,602	1578	—	—
281	9300	0,527	0,524	0,5255	179	13,118	2348	200	—	—	—	—	—	0,672	1578	—	—
282	9600	0,528	0,528	0,5280	224	8,361	1873	235	—	—	—	—	—	0,842	1578	—	—
283	9900	0,530	0,531	0,5305	260	4,496	1169	264	—	—	—	—	—	1,349	1578	—	—
284	10200	0,539	0,536	0,5375	251	5,270	1323	255	—	—	—	—	—	1,192	1578	—	—
285	10500	0,550	0,541	0,5455	221	8,213	1733	225	—	—	—	—	—	0,910	1578	—	—
286	10800	0,561	—	0,5512	204	10,064	2053	209	—	—	—	—	—	0,770	1578	—	—
287	11100	0,568	—	0,5627	258	6,418	1656	259	—	—	—	—	—	0,756	1578	—	—
288	11400	0,570	0,567	0,5685	248	6,996	1735	253	—	—	—	—	—	0,909	1578	—	—
289	11700	0,573	0,569	0,5710	202	9,460	1911	209	—	—	—	—	—	0,825	1578	—	—
290	12000	0,583	0,571	0,577	189	10,069	1903	197	—	—	—	—	—	0,829	1578	—	—
291	12300	0,586	0,574	0,58	210	8,781	1844	220	—	—	—	—	—	0,859	1578	—	—
292	12600	0,590	—	0,5837	199	8,326	1657	207	—	—	—	—	—	0,952	1578	—	—
293	12900	0,594	0,581	0,5875	226	7,446	1683	231	—	—	—	—	—	0,937	1578	—	—
294	13200	0,602	0,587	0,5945	192	9,533	1792	203	—	—	—	—	—	0,880	1578	—	—
295	13500	0,607	0,592	0,5995	188	9,883	1858	195	—	—	—	—	—	0,849	1578	—	—
296	13800	0,611	0,597	0,6040	219	7,717	1690	225	—	—	—	—	—	0,933	1578	—	—
297	14100	0,617	0,603	0,61	246	5,975	1470	249	—	—	—	—	—	1,073	1578	—	—
298	14400	0,621	0,609	0,615	209	7,631	1595	212	—	—	—	—	—	0,989	1578	—	—
299	14700	0,629	0,621	0,625	252	6,436	1622	254	—	—	—	—	—	0,972	1578	—	—
300	15000	0,642	0,628	0,635	275	5,316	1462	280	—	—	—	—	—	1,055	1578	—	—
301	15300	—	0,640	0,641	285	4,252	1212	288	—	—	—	—	—	1,302	1578	—	—
302	15600	—	0,650	0,659	248	5,709	1416	252	—	—	—	—	—	1,115	1578	—	—
303	15900	0,678	0,668	0,673	282	4,216	1189	284	—	—	—	—	—	1,327	1578	—	—
304	16200	0,693	0,679	0,686	228	5,162	1177	232	—	—	—	—	—	1,340	1578	—	—
305	16500	0,712	0,699	0,7055	284	4,063	1154	287	—	—	—	—	—	1,367	1578	—	—
306	16800	0,720	0,717	0,7185	240	6,691	1606	243	—	—	—	—	—	0,982	1578	—	—
307	17100	0,724	0,725	0,7245	218	10,110	2204	224	—	—	—	—	—	0,715	1578	—	—
308	17400	0,732	0,733	0,7325	208	10,783	2248	217	—	—	—	—	—	0,702	1578	—	—
309	17700	0,758	0,746	0,7520	226	9,376	2119	237	—	—	—	—	—	0,744	1578	—	—
310	18000	0,806	0,758	0,7820	301	3,677	1107	304	—	—	—	—	—	1,425	1578	—	—
311	18300	0,957	0,762	0,8596	161	5,997	643	164	0,1751	0,1238	—	1200	4846	2,454	1578	2,550	1640
312	18600	0,894	0,762	0,828	142	6,805	962	146	—	—	—	—	—	1,640	1578	—	—
313	18900	0,955	0,920	0,9375	209	5,162	1079	211	—	—	—	—	—	1,465	1578	—	—
314	19200	1,005	0,937	0,970	178	5,157	918	183	—	—	—	—	—	1,719	1578	—	—
315	19500	1,050	0,982	1,016	181	4,419	800	185	—	—	—	—	—	1,937	1578	—	—
316	19800	1,092	1,029	1,0605	177	4,689	830	187	—	—	—	—	—	1,902	1578	—	—
317	20100	1,100	1,071	1,0855	194	3,886	754	195	—	—	—	—	—	2,092	1578	—	—
318	20400	1,125	1,102	1,1155	208	4,235	881	210	—	—	—	—	—	1,791	1578	—	—
319	20700	1,146	1,118	1,132	210	6,138	1289	213	—	—	—	—	—	1,224	1578	—	—

No.	E	$\mathfrak{F}$ links	$\mathfrak{F}$ rechts	$\mathfrak{F}$ mittel	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L	λ	V	M	V'	M'
320	21000	1,157	1,286	1,2215	174	8,787	1529	179	—	—	—	—	—	1,032	1578	—	—
321	21300	1,339	1,361	1,35	220	5,591	790	221	—	—	—	—	—	1,997	1578	—	—
322	21600	1,467	1,464	1,4655	210	2,266	476	211	0,3335	0,2357	—	900	1908	3,315	1578	3,1018	1476
323	21900	1,623	1,752	1,690	219	4,018	880	222	—	—	—	—	—	1,793	1578	—	—
324	22200	1,818	1,824	1,8175	332	2,650	881	336	—	—	—	—	—	1,791	1578	—	—
325	22500	1,893	1,953	1,923	221	4,429	979	224	—	—	—	—	—	1,611	1578	—	—
326	22800	1,959	2,017	1,988	146	4,513	659	150	0,065	—	—	300	4615	2,394	1578	2,774	1828
327	23100	2,058	2,032	2,045	209	5,275	1102	212	—	—	—	—	—	1,432	1578	—	—
328	23400	2,122	2,056	2,089	257	6,751	1735	265	—	—	—	—	—	0,909	1578	—	—
329	23700	2,226	2,169	2,1975	139	4,719	656	142	—	—	—	—	—	2,400	1578	—	—
330	24000	2,266	2,253	2,2495	165	4,757	785	166	—	—	—	—	—	2,010	1578	—	—
331	24300	2,323	2,268	2,295	157	3,668	576	159	0,31	0,2191	—	1500	3422	2,739	1578	2,951	1688
332	24600	2,358	2,303	2,3305	144	5,784	833	146	—	—	—	—	—	1,906	1578	—	—
333	24900	2,397	2,348	2,3725	180	4,572	823	184	—	—	—	—	—	1,917	1578	—	—
334	25200	2,462	2,393	2,4275	171	5,134	878	175	—	—	—	—	—	1,775	1578	—	—
335	25500	2,549	2,457	2,503	178	4,691	835	180	—	—	—	—	—	1,889	1578	—	—
336	25800	2,657	2,511	2,584	308	1,759	542	309	0,1565	0,1106	—	600	2711	2,918	1578	2,269	1229
337	26100	2,946	2,847	2,8965	257	2,595	667	262	—	—	—	—	—	2,365	1578	—	—
338	26400	2,973	2,993	2,985	228	2,750	627	230	—	—	—	—	—	2,516	1578	—	—
339	26700	3,042	3,050	3,046	189	3,402	643	190	—	—	—	—	—	2,454	1578	—	—
340	27000	3,092	3,076	3,084	204	2,757	970	206	—	—	—	—	—	1,660	1578	—	—
341	27300	3,143	3,130	3,1365	185	5,333	976	186	—	—	—	—	—	1,616	1578	—	—
342	27600	3,186	3,168	3,177	157	6,254	982	160	—	—	—	—	—	1,582	1578	—	—
343	27900	3,220	3,246	3,233	197	4,081	804	198	—	—	—	—	—	1,962	1578	—	—
344	28200	3,291	3,323	3,307	264	1,988	525	266	0,723	0,5111	—	2400	2347	3,005	1578	2,601	1362
345	28500	3,387	3,399	3,393	252	2,103	530	256	—	—	—	—	—	2,977	1578	—	—
346	28800	3,475	3,482	3,4785	168	4,958	833	172	—	—	—	—	—	1,894	1578	—	—
347	29100	3,534	3,541	3,5375	201	4,218	848	203	—	—	—	—	—	1,860	1578	—	—
348	29400	3,595	3,585	3,5899	192	4,854	932	196	—	—	—	—	—	1,693	1578	—	—
349	29700	3,639	3,659	3,649	198	4,585	908	201	—	—	—	—	—	1,738	1578	—	—
350	30000	3,693	3,713	3,703	218	3,009	629	220	0,396	0,2799	—	1800	3214	2,508	1578	2,678	1669
351	30300	3,734	3,744	3,739	235	5,029	1182	241	—	—	—	—	—	1,337	1578	—	—
352	30600	3,776	3,790	3,783	209	3,009	629	211	0,056	0,3959	—	300	3788	2,508	1578	2,5153	1580
353	30900	3,816	3,822	3,819	205	5,126	1051	209	—	—	—	—	—	1,501	1578	—	—
354	31200	3,840	3,857	3,8485	221	4,396	965	224	—	—	—	—	—	1,635	1578	—	—
355	31500	3,883	3,879	3,881	219	5,721	815	222	—	—	—	—	—	1,936	1578	—	—
356	31800	3,927	3,880	3,9035	232	3,685	855	235	—	—	—	—	—	1,846	1578	—	—
357	32100	3,953	3,922	3,9375	226	5,234	1183	228	—	—	—	—	—	1,334	1578	—	—
358	32400	3,942	3,938	3,940	283	5,257	1483	285	—	—	—	—	—	1,060	1578	—	—
359	32700	3,927	3,968	3,9475	274	4,503	1234	275	—	—	—	—	—	1,278	1578	—	—
360	33000	3,899	4,002	3,9505	201	7,184	1444	210	—	—	—	—	—	1,092	1578	—	—
361	33300	3,941	4,046	3,9935	178	10,770	1917	184	—	—	—	—	—	0,823	1578	—	—
362	33600	4,023	4,077	4,05	222	3,491	775	225	—	—	—	—	—	2,036	1578	—	—
363	33900	4,126	4,152	4,139	267	2,520	673	268	—	—	—	—	—	2,345	1578	—	—
364	34200	4,197	4,162	4,1795	313	1,731	542	318	0,286	0,2022	—	900	2225	2,911	1578	2,477	1342
365	34500	4,271	4,546	4,3085	190	4,125	782	194	—	—	—	—	—	2,017	1578	—	—
366	34800	4,393	4,446	4,4195	239	3,292	787	240	—	—	—	—	—	2,018	1578	—	—
367	35100	4,485	4,526	4,5055	193	4,756	918	195	—	—	—	—	—	1,719	1578	—	—
368	35400	4,558	4,584	4,571	212	3,924	832	215	—	—	—	—	—	1,896	1578	—	—
369	35700	4,633	4,648	4,6405	262	2,645	693	265	0,361	—	—	1500	4155	2,277	1578	2,2364	1551
370	36000	4,690	4,681	4,6855	254	3,488	886	258	—	—	—	—	—	1,781	1578	—	—
371	36300	4,728	4,697	4,7125	175	6,868	1202	179	—	—	—	—	—	1,513	1578	—	—
372	36600	4,751	4,718	4,7345	162	7,234	1172	168	—	—	—	—	—	1,346	1578	—	—
373	36900	4,814	4,759	4,7860	190	5,611	1066	197	—	—	—	—	—	1,480	1578	—	—
374	37200	4,861	4,801	4,831	148	8,567	1268	153	—	—	—	—	—	1,244	1578	—	—

No.	E	F links	F rechts	F mittel	B	H	Q	P	F	0,707F	0,293F	L	λ	V	M	W	M'
375	37500	4,897	4,826	4,8615	218	4,789	1044	221	—	—	—	—	—	1,511	1578	—	—
376	37800	4,937	4,894	4,9155	214	3,172	679	216	0,275	0,1944	—	2100	5400	2,324	1578	2,1467	1437
377	38100	4,988	4,924	4,956	208	4,346	904	210	—	—	—	—	—	1,745	1578	—	—
378	38400	5,001	4,971	4,986	216	4,324	934	218	—	—	—	—	—	1,689	1578	—	—
379	38700	5,016	4,992	5,004	198	6,151	1218	202	—	—	—	—	—	1,295	1578	—	—
380	39000	5,022	5,014	5,018	178	6,958	1235	282	—	—	—	—	—	1,278	1578	—	—
381	39300	5,028	5,019	5,0235	174	7,425	1292	178	—	—	—	—	—	1,221	1578	—	—
382	39600	5,039	5,045	5,0420	184	6,912	1272	187	—	—	—	—	—	1,240	1578	—	—
383	39900	5,059	5,066	5,0625	202	5,029	1016	205	0,147	—	—	2100	14286	1,553	1578	1,6131	1638
384	40200	5,095	5,062	5,0785	222	7,126	1582	225	—	—	—	—	—	0,997	1578	—	—
385	40500	5,120	5,078	5,099	162	7,346	1190	165	—	—	—	—	—	1,320	1578	—	—
386	40800	5,136	5,094	5,125	174	5,308	1176	175	—	—	—	—	—	1,341	1578	—	—
387	41100	5,171	5,158	5,1645	248	4,084	1013	252	0,052	0,0367	—	1200	16320	1,557	1578	1,5635	1381
388	41400	5,217	5,184	5,2005	252	5,127	1298	262	—	—	—	—	—	1,221	1578	—	—
389	41700	5,249	5,214	5,2305	216	6,242	1311	216	—	—	—	—	—	1,205	1578	—	—
390	42000	5,281	5,264	5,2725	235	4,663	1096	237	—	—	—	—	—	1,439	1578	—	—
391	42300	5,295	5,289	5,2920	229	4,641	1065	232	0,1276	—	—	1200	13010	1,484	1578	1,6497	1713
392	42600	5,299	5,301	5,3000	188	6,893	1296	192	—	—	—	—	—	1,217	1578	—	—
393	42900	5,307	5,315	5,3110	187	7,887	1475	191	—	—	—	—	—	1,070	1578	—	—
394	43200	5,318	5,325	5,3215	141	10,326	1456	150	—	—	—	—	—	1,083	1578	—	—
395	43500	5,321	5,342	5,3315	211	7,146	1508	215	—	—	—	—	—	1,046	1578	—	—
396	43800	5,344	5,353	5,3485	204	6,093	1243	209	—	—	—	—	—	1,269	1578	—	—
397	44100	5,365	5,363	5,3640	237	4,502	1067	241	0,0695	0,0491	—	1800	18316	1,478	1578	1,5495	1440
398	44400	5,373	5,371	5,372	204	4,791	1265	208	—	—	—	—	—	1,248	1578	—	—
399	44700	5,379	5,356	5,3675	274	6,824	1820	278	—	—	—	—	—	0,8477	1578	—	—
400	45000	5,384	5,355	5,3695	286	8,573	2501	290	0,0955	—	—	900	16363	0,6305	1578	0,5802	1452

Anmerk. [Bei den Beobachtungen No. 251. bis No. 400. bezeichnet *E* die Entfernung vom Anfangspunkt; F das Gefälle am link- und rechtseitigen Ufer, und das aus beiden genommene arithmetische Mittel. Alle andere Größen sind bekannt, und im Rheinl. Fußmaaß ausgedrückt.]

Die nachstehenden hydrometrischen Messungen sind in der Weser, ober- und unterhalb Hameln, von dem Herrn Oberdeichinspector Dammart und dessen Bruder, dem Herrn Wasserbauinspector Dammart, im Jahr 1802 (S. Fig. 2.), bei einem Wasserstande von 6 Zoll unter dem Nullpunkt des Hamelschen Schleusenpegels angestellt. Die Wassermenge der Weser wurde, in dem Strombezirk von Hameln bis Helpensen, alsdann 2984 Calenberger Kubikfuß, und wenn das Wasser auf No. 0. am Pegel stand, 3300 Calenb. Kubikfuß gefunden.

Die Resultate dieser Messungen sind deshalb sehr merkwürdig, weil der Weserstrom bei Hameln durch ein Ueberfallswehr 7,09 Fuß aufgestauet wird.

Zu bemerken ist noch, daß zwischen Grohnde (dem Anfangspunkt) und zwischen Helpensen (dem Endpunkt) mehrere Gebirgsbäche der Weser zufließen, sie sind aber, wenn der Wasserstand No. 0. am Hamelschen Schleusenpegel zeigt, höchst unbedeutend; sie heißen die Ilse, Emmer und Hamme. Ferner ist das Nivellement des Wasserspiegels nur an einer, nicht an beiden Seiten des Stroms gemacht; es ist also nicht das wahre, sondern nur ein mittleres Gefälle zu finden. Endlich ist noch zu erinnern, daß bei einem Wasserstande 6 Zoll unter dem Nullpunkt des Hamelschen Pegels kein Wasser über den Scheitel der beiden Ueberfallswehre bei Hameln fließt; sondern dasselbe nur durch die Mühlen- und Freigerinne abgeführt wird. Deshalb ist es sehr bemerkenswerth, daß 4040 Fuß oberhalb des Wehrs das Wasser alsdann kaum in der Oberfläche bewegt wird, und die größte Geschwindigkeit unten am Boden statt findet; wie dies bei allen Kanalen der Fall ist, deren Abflußöffnung mit Fallschützen (bis zu einer gewissen Höhe aufgezogen) versehen sind. Die Fachbäume der Mühlen- und Freischleusen liegen 6,553 Fuß niedriger als der Scheitel des Wehrs, da-

her ist, wenn die Schützbretter 1 bis 1½ Fuss hoch gezogen sind, die gröfste Geschwindigkeit des Wassers am Boden auf eine gewisse Länge oberhalb des Wehrs sehr erklärbar.

Alle Gröfsen sind in Calenberger Fufsmafs ausgedrückt; und C bezeichnet die Geschwindigkeit des Wassers in einem Stromfaden der Stromrinne am Wasserspiegel.

No.	E	$\frac{E}{6}$	B	H	Q	P	F	0,707F	0,293 F	L	λ	C	W	M
401	1336	0,3448	385	3,55	1365	386	—	—	—	—	—	1,8125	—	—
—	1480	0,3819	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2664	0,3975	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
402	2696	0,4041	400	3,595	1557	402	—	—	—	—	—	1,8125	—	—
403	3256	0,5205	413	3,569	1476	414	—	—	—	—	—	1,400	—	—
—	3840	0,6425	Oberhalb der Lattfordschen Klippen; auch mündet bei No. 402. die Ilse am rechtsseitigen Ufer ein.											
404	3960	0,7719	336	2,658	893	338	—	—	—	—	—	3,525	—	—
405	4504	1,3594	376	2,287	860	378	1,3594	0,9611	—	4504	2345	5,2640	2,9026	2496
406	4728	1,6013	356	1,577	530	338	0,2419	0,1721	—	224	655	5,2640	4,6195	2448
407	4950	1,8259	320	2,331	746	321	—	—	—	—	—	5,2640	—	—
408	5208	2,1197	320	1,656	530	322	0,5184	—	—	480	735	5,0000	4,4621	2365
409	5376	2,3011	400	1,825	730	402	—	—	—	—	—	5,0000	—	—
—	5426	2,3472	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
410	5744	2,6151	288	1,401	538	290	1,2557	0,8877	—	1240	698	3,847	4,504	2425
411	6512	3,0792	392	2,714	1064	396	—	—	—	—	—	2,310	—	—
—	6584	3,3020	Neben dem Domenike				—	—	—	—	—	—	—	—
412	7128	3,6344	424	2,306	978	426	—	—	—	—	—	2,30	—	—
413	7904	4,1440	422	1,578	667	426	1,5289	1,0809	—	2160	999	2,5	3,7155	2478
—	8216	4,2708	Neben den Bülten				—	—	—	—	—	—	—	—
414	10144	5,7778	392	2,951	1157	394	—	—	—	—	—	2,5	—	—
—	10552	5,8958	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	11288	5,9652	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	12080	6,0868	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
415	13056	6,1319	388	4,657	1807	390	0,2361	—	0,08917	2504	18141	1,388	1,4340	2591
—	15664	6,1805	Neben dem Scheisselfelde				—	—	—	—	—	—	—	—
416	15040	6,2239	454	5,332	2371	456	0,0920	—	0,02695	1984	36801	1,388	1,0373	2454
417	16272	6,2627	464	3,145	1459	466	—	—	—	—	—	2,284	—	—
—	16416	6,2673	Zwischen Kirch-Osen und Hagen-Osen				—	—	—	—	—	—	—	—
418	17152	6,3246	448	3,160	1416	458	—	—	—	—	—	2,645	—	—
419	17856	6,4278	288	4,923	1418	290	—	—	—	—	—	2,645	—	—
420	18176	6,4747	320	4,832	1546	322	—	—	—	—	—	2,645	—	—
421	18448	6,5146	320	4,040	1293	322	—	—	—	—	—	2,645	—	—
422	18796	6,5656	336	3,437	1155	338	—	—	—	—	—	2,645	—	—
—	18856	6,5746	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
423	18920	6,6891	352	2,454	864	354	—	—	—	—	—	4,610	—	—
424	19128	7,0614	392	1,645	645	394	—	—	—	—	—	4,610	—	—
425	19320	7,4051	448	1,143	512	450	0,716	0,5062	—	400	395	5,215	5,076	2598
	Hier mündet die Emmer am linkseitigen Weserufer ein; auch erstreckt sich nur allerhöchstens bis hierher der Anfang des Hamelschen Ueberfallwehrs.													
426	19520	7,7651	274	2,770	760	276	—	—	—	—	—	—	—	—
—	19680	8,0505	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
427	19808	8,0932	248	3,129	784	250	—	—	—	—	—	4,611	—	—
428	19904	8,1255	256	3,300	844	258	—	—	—	—	—	4,611	—	—
429	20080	8,1845	288	2,616	752	290	—	—	—	—	—	4,611	—	—
430	20416	8,2975	312	2,410	752	314	—	—	—	—	—	5,209	—	—
431	20768	8,4168	352	2,062	726	354	—	—	—	—	—	5,209	—	—
432	21120	8,5341	464	1,887	876	466	—	—	—	—	—	5,209	—	—
—	21232	8,5719	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
433	21505	8,8009	448	1,750	784	450	—	—	—	—	—	4,284	—	—

No.	E	ℰ	B	H	Q	P	F	0,707F	0,293F	L	λ	C	V'	M'
434	21856	9,1057	304	2,065	627	306	1,6986	1,2007	——	2536	1056	4,284	4,0469	2687
435	22194	9,3819	240	3,255	780	442	——	——	——	——	——	4	——	——
436	22840	9,9427	242	3,250	789	244	——	——	——	——	——	5,179	——	——
437	23194	9,9529	416	2,463	1025	418	——	——	——	——	——	2,679	——	——
—	24104	10,0920	Hier wird man sehr merklich die Stauung des Hamelschen Ueberfallwehrs gewahr.											
438	24424	10,1375	370	3,135	1154	371	——	——	——	——	——	2,576	——	——
439	25160	10,2413	322	3,965	1269	324	——	——	——	——	——	2,576	——	——
440	25960	10,2650	386	4,025	1544	388	——	——	——	——	——	1,812	——	——
—	26328	10,2760	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
441	26696	10,3385	386	3,958	1520	388	——	——	——	——	——	1,812	——	——
442	27040	10,3969	262	6,371	1631	264	——	——	——	——	——	1,812	——	——
443	27376	10,4540	261	5,831	1492	262	——	——	——	——	——	1,812	——	——
	27560	10,4843	Am Fahrpfahl zu Ohr, bei einem Durchbruch des Hamelschen Wehrs, da die Stauhöhe nur 4 Fuss betrug, erstreckte sich die Stauweite bis hierher.											
444	27696	10,5079	275	4,321	1184	280	0,211	——	——	636	4910	——	2,4738	2989
445	27968	10,5551	322	4,013	1290	324	——	——	——	——	——	——	——	——
446	28168	10,5898	361	5,241	1887	366	——	——	——	——	——	——	——	——
—	28200	10,5954	Am Anfang des Ohrberges.											
447	28408	10,6688	304	4,858	1477	309	——	——	——	——	——	——	——	——
—	28520	10,7083	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
448	28608	10,7201	240	4,350	1044	244	——	——	——	——	——	——	——	——
449	28792	10,7444	256	3,750	960	260	0,237	——	——	1192	4650	——	2,6182	2507
450	28944	10,7653	276	3,598	993	280	——	——	——	——	——	——	——	——
451	29104	10,7886	300	3,493	1048	304	——	——	——	——	——	——	——	——
452	29376	10,8254	300	3,600	1080	304	——	——	——	——	——	——	——	——
—	29448	10,8332	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
453	29560	10,8492	304	3,421	1040	308	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
454	29720	10,8722	320	3,806	1218	324	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
455	29880	10,8952	320	4,190	1341	324	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
456	30040	10,9182	336	5,672	1906	341	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
457	30240	10,9469	352	5,375	1892	357	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
—	30536	10,9895	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
458	30568	10,9917	352	5,386	1896	357	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
459	30920	11,0161	384	4,510	1732	389	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
460	31272	11,0406	400	5,270	2108	405	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
461	31576	11,0617	372	5,825	2167	378	0,070	——	0,0494	1098	24574	0,0625	1,3648	2956
462	31912	11,0856	392	5,350	2097	399	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
—	32184	11,1041	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
463	32240	11,1098	424	4,191	1777	428	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
464	32544	11,1223	432	5,104	2205	437	0,0606	——	0,0428	968	27260	0,0625	1,2072	2661
465	32864	11,1653	450	4,500	2029	452	——	——	——	——	——	0,0625	——	——
—	33016	11,1892	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
—	33608	11,2517	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
466	33656	11,2555	432	4,000	1724	436	——	——	——	——	——	0,056	——	——
—	34296	11,3072	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
467	34536	11,3278	377	4,678	1763	381	——	——	——	——	——	0,055	——	——
468	35416	11,4035	342	6,116	2104	350	——	——	——	——	——	0,055	——	——
—	36080	11,4444	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
469	36224	11,4517	384	9,700	2572	392	——	——	——	——	——	0,055	——	——
470	37096	11,4739	324	7,111	2304	331	——	——	——	——	——	0,055	——	——
—	37736	11,4895	Neben den Wienplacken. Auch mündet am rechten Ufer ein Bach von der Ziegelei ein.											
471	38048	11,5033	352	4,477	1576	357	0,2478	0,2738	——	4332	12368	0,055	2,7815	2681
472	38888	11,5546	364	4,607	1652	367	——	——	——	——	——	0,055	——	——
—	39876	11,5925	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

No.	E	Ē	B	H	Q	P	F	0,707F	0,193 P	L	λ	C	V'	M'
473	39600	11,5756	344	7,690	2648	352	—	—	—	—	—	0,055	—	—
474	39792	11,5870	345	7,600	2584	352	—	—	—	—	—	0,055	—	—
475	39984	11,5983	352	9,000	3164	362	—	—	—	—	—	0,055	—	—
—	40176	11,6000	Beim Tarlarenloch, auch mündet am linkseitigen Ufer die Hamme ein.											
476	40368	11,6050	329	8,840	2910	337	—	—	—	—	—	0,055	—	—
477	40356	11,6093	320	8,456	2706	330	—	—	—	—	—	1,055	—	—
478	40148	11,6143	304	9,150	2782	314	—	—	—	—	—	0,055	—	—
479	40592	11,6162	341	7,000	2408	351	—	—	—	—	—	0,055	—	—
480	40736	11,6201	360	6,200	2232	367	—	—	—	—	—	0,055	—	—
481	40912	11,6249	360	5,472	1970	366	0,0266	0,0188	—	928	24673	0,055	1,3152	2591
482	41200	11,6330	360	7,000	2526	367	—	—	—	—	—	0,055	—	—
483	41496	11,6447	384	6,732	2584	392	—	—	—	—	—	0,055	—	—
484	41792	11,6517	424	7,075	3000	432	—	—	—	—	—	0,055	—	—
485	42174	11,6634	440	7,607	3347	448	—	—	—	—	—	0,055	—	—
—	42448	11,6718	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
486	42576	11,6754	448	8,535	3824	458	—	—	—	—	—	0,055	—	—
487	42964	11,6882	404	10,165	4107	416	—	—	—	—	—	0,055	—	—
—	43120	11,6961	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
488	43248	11,7147	344	10,770	3705	356	—	—	—	—	—	0,055	—	—
489	43600	11,7656	352	10,220	3600	364	—	—	—	—	—	0,055	—	—
—	43600	Am Anfang des obersten Ueberfallwehrs (die obere Schlacht genannt).												
—	44816	12,5757	Scheitel des untern Ueberfallwehrs.											
—	45512	20,1927	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
490	46648	20,7868	336	3,446	1158	340	—	—	—	—	—	3,75	—	—
491	47284	21,0671	381	2,509	880	371	0,2803	—	—	536	1922	3,75	3,2931	2898
—	47288	21,1232	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
492	48088	21,4911	304	2,888	878	308	0,424	—	—	904	2107	4,44	3,4441	3023
—	48256	21,6252	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
493	48712	21,8653	254	3,250	780	244	0,7982	—	—	1588	1915	4,44	3,839	2994
—	49224	22,1371	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
494	49392	22,2425	352	2,812	990	354	—	—	—	—	—	4,208	—	—
495	50176	22,7263	352	1,852	652	354	—	—	—	—	—	4,208	—	—
—	50832	23,1336	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
496	50976	23,2596	356	1,798	604	358	—	—	—	—	—	4,208	—	—
497	51760	23,9456	304	1,973	600	306	1,2193	0,8620	—	1584	989	4,208	4,3548	2613
498	52512	24,6041	324	2,372	778	332	—	—	—	—	—	4,208	—	—
499	53264	24,7794	320	3,450	1104	324	—	—	—	—	—	3,75	—	—
500	53968	24,9488	292	4,37	1294	300	—	—	—	—	—	2,305	—	—
—	54352	25,0399	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
501	54720	25,0792	240	5,458	1305	244	—	—	—	—	—	3,080	—	—
502	55424	25,1284	680	6,090	1704	296	—	—	—	—	—	2,527	—	—
—	56096	25,1840	Hier mündet ein Bach von der Hamelschen Warthe ein.											
503	56256	25,2225	292	2,969	867	296	1,2769	0,9006	—	4496	2496	2,527	3,201	2775
504	57232	25,4585	304	4,280	1301	308	—	—	—	—	—	1,736	—	—
505	58352	26,4496	324	2,527	819	327	—	—	—	—	—	2,750	—	—
506	59568	26,7812	528	3,169	1039	532	0,3316	—	—	1216	3667	3,527	2,7141	2820

Anmerk. In dem Stromtractus von Hameln nach Helpensen fand man die Wassermenge, beim Wasserstande von 6 Zoll unter dem Nullpunkt des Hamelschen Schleusenpegels, 2985 Calenb. Kubikfuss: aus den Mittelresultaten der Berechnung für die Beobachtungen No. 491. 492. 495. 497. 503. 506. findet man 2854 Kubikfuss, welches, da das Nivellement nur an einer Seite aufgenommen war, ganz gut zusammen übereinstimmen würde, wenn die aufgenommenen Querschnitte auf diesen Wasserstand reducirt worden wären. – Dies ist aber nicht geschehen, weshalb der Wasserstand zwischen No. 0 und 6 Zoll unter No. 0., und die Wassermenge zwischen 2985 und 5500 Calenb. Kubikfuss schwankte.

Nachstehende hydrometrische Messungen sind in der Stromkrümmung der Elbe, die die Gestalt Fig. 62. hat, und zwar von Döbeltitz bis Kranichau angestellt, als der alte Torgauer Elbmesser 1 Fuſs 5 Zoll, und der neue 6 Fuſs 5 Zoll über dem Nullpunkt den Wasserstand anzeigte, und 13390 Kubikfuſs Wasser durch jeden Querschnitt abflossen. Der Herr Conducteur Michaelis hat diese Messungen unter Anleitung des Herrn Wasserbauinspectors Stelling im Jahr 1827 vorgenommen. Das Nivellement des Wasserspiegels ist nur an einem Ufer aufgenommen, weshalb der genaue Abhang desselben nicht anzugeben ist. Alle Gröſsen sind im Rheinl. Fuſsmaaſs ausgedrückt.

No.	E	$\mathfrak{F}$	B	H	Q	P	F	$0{,}707\,F$	$0{,}293\,F$	L	λ	V	M	V'	M'
			622	6,46	4018	636	—	—	—	—	—	3,33	13390	—	—
507	552	0,05555	726	6,239	4529	735	—	—	—	—	—	2,956	13390	—	—
508	1092	0,45138	566	8,560	4844	500	—	—	—	—	—	2,760	13390	—	—
509	1656	0,57638	433	9,74	4217	450	—	—	—	—	—	3,175	13390	—	—
510	2220	0,68055	386	12,3	4747	404	—	—	—	—	—	2,820	13390	—	—
511	2796	0,80555	464	11,16	5178	480	—	—	—	—	—	2,585	13390	—	—
512	3390	0,84027	548	9,366	5132	560	—	—	—	—	—	2,609	13390	—	—
513	3966	0,99305	630	6,96	4384	642	—	—	—	—	—	3,054	13390	—	—
514	4524	1,13888	688	5,09	3501	698	—	—	—	—	—	3,823	13390	—	—
515	5064	1,36805	654	5,318	3477	674	0,5625	0,39769	—	2268	2852	3,850	13390	3,8652	13440
516	5640	1,57638	660	5,85	3861	666	—	—	—	—	—	3,468	13390	—	—
517	6288	1,61805	822	5,03	4134	827	—	—	—	—	—	3,240	13390	—	—
518	6846	1,56255	1182	3,859	4561	1186	—	—	—	—	—	2,935	13390	—	—
519	7494	1,68055	1061	3,576	3794	1065	—	—	—	—	—	3,530	13390	—	—
520	8160	2,00694	852	4,942	4210	857	—	—	—	—	—	3,180	13390	—	—
521	8718	2,25000	605	8,123	4914	614	—	—	—	—	—	2,725	13390	—	—
522	9320	2,41666	550	8,337	4585	560	—	—	—	—	—	2,920	13390	—	—
523	9968	2,58333	518	7,200	3729	526	—	—	—	—	—	3,590	13390	—	—
524	10610	2,76388	516	6,890	3555	524	0,18055	—	—	642	3555	3,766	13390	3,9722	14122
525	11282	2,86111	545	7,409	4037	554	—	—	—	—	—	3,316	13390	—	—
526	11984	3,00000	554	9,55	5290	564	—	—	—	—	—	2,530	13390	—	—
527	12524	3,07638	626	6,827	4273	634	—	—	—	—	—	3,136	13390	—	—
528	13050	3,31944	600	6,71	4026	607	—	—	—	—	—	3,326	13390	—	—
529	13698	3,34027	670	5,223	3499	676	0,3402	0,2405	—	1714	2265	3,826	13390	3,4530	12083
530	14352	3,32638	568	6,46	3669	574	—	—	—	—	—	3,650	13390	—	—
531	15060	3,50694	600	7,36	4416	608	—	—	—	—	—	3,032	13390	—	—
532	15660	3,75000	444	10,84	4812	455	—	—	—	—	—	2,782	13390	—	—
533	16260	3,96527	554	9,993	5536	565	—	—	—	—	—	2,42	13390	—	—
534	16860	3,99305	426	8,8	3748	430	0,2430	0,1718	—	1800	5238	3,572	13390	3,6767	13780
535	17448	4,15972	548	8,16	4471	558	—	—	—	—	—	2,994	13390	—	—
536	18054	4,29166	560	7,03	3956	568	0,1319	0,0933	—	606	6124	3,4	13390	3,0346	11940
537	18678	4,43055	602	6,7	4032	610	—	—	—	—	—	3,32	13390	—	—
538	19242	4,57638	545	8,25	4496	553	—	—	—	—	—	2,98	13390	—	—
539	19866	4,65972	512	8,4	4308	520	—	—	—	—	—	3,113	13390	—	—
540	20442	4,72916	624	7,115	4439	632	—	—	—	—	—	3,02	13390	—	—
541	21108	4,88194	677	6,55	4434	684	—	—	—	—	—	3,02	13390	—	—
542	21708	4,98611	555	7,33	4068	564	0,5555	—	—	3039	5454	3,29	13390	3,4785	14150
543	22416	5,12500	497	8,24	4095	506	—	—	—	—	—	3,27	13390	—	—
544	23076	5,29861	517	8,81	4554	526	—	—	—	—	—	2,94	13390	—	—
545	23724	5,40972	617	7,123	4394	630	—	—	—	—	—	3,047	13390	—	—
546	24372	5,54166	629	7,385	4645	636	—	—	—	—	—	2,88	13390	—	—
547	24996	5,68750	597	7,893	4712	607	—	—	—	—	—	2,84	13390	—	—
548	25650	5,86805	536	10,072	5398	550	—	—	—	—	—	2,48	13390	—	—
549	26310	5,93750	550	8,666	4766	560	—	—	—	—	—	2,809	13390	—	—
550	26946	6,09772	475	10,48	4957	484	—	—	—	—	—	2,7	13390	—	—
551	27546	6,25694	524	10,356	5426	536	—	—	—	—	—	2,46	13390	—	—

Die folgenden Messungen sind im Jahr 1806 durch den bereits verstorbenen Conducteur Herrn Schwarz im Kunstkanal zu Neusalzwerk bei Minden angestellt, als auf dem Fachbaum der Einlafsschleuse am Anfang des Kanals das Wasser 5,67, und auf dem Fachbaum der Ablafsschleuse 6 Fufs hoch stand, die Schütze der letztern bei 10,167füfsiger Breite 1,5809 Fufs hoch gezogen waren, und 212 Rheinl. Kubikfufs Wasser in der Secunde durch jeden Querschnitt des Kanals flossen. Alle Grofsen im Rheinl. Fufsmaafs ausgedrückt.

No.	B	$\mathfrak{F}$	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L	λ	V	M	Vv	Mv
552	120	0,08204	23/5	3,245	76,2	27	—	—	—	—	—	2,780	212	—	—
553	240	0,16408	24	3,822	91,7	29,5	—	—	—	—	—	2,310	212	—	—
554	360	0,24621	26	3,568	92,7	29,8	—	—	—	—	—	2,285	212	—	—
—	468	0,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
555	480	0,3286	22	4,080	89,7	28,8	—	—	—	—	—	2,474	212	—	—
556	600	0,3497	21	4,010	84,2	26	0,1036	—	0,030	240	3953	2,516	212	2,4331	205
557	720	0,3614	23/5	4,515	106,1	28,5	—	—	—	—	—	2	212	—	—
558	840	0,3730	21/5	4,730	101,6	29	—	—	—	—	—	2,080	212	—	—
—	912	0,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
559	960	0,3855	25	4,320	108	31	—	—	—	—	—	1,963	212	—	—
560	1080	0,3993	20	4,684	93,7	27,5	0,0158	0,0097	—	120	6149	2,262	212	2,0918	196
561	1200	0,4131	23,5	4,311	101,3	31,5	—	—	—	—	—	2,092	212	—	—
—	1260	0,4200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
562	1320	0,4320	20,3	4,500	91,3	28,5	0,0326	0,0230	—	240	5193	2,322	212	2,2234	203
563	1440	0,4500	24,75	4,396	108,8	33	—	—	—	—	—	1,948	212	—	—
564	1560	0,4800	23	4,930	113,5	31	—	—	—	—	—	1,870	212	—	—
565	1680	0,5109	22,25	5,020	111,8	29,5	—	—	—	—	—	1,909	212	—	—
—	1740	0,5400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
566	1800	0,5540	24,5	4,000	98,4	29,3	—	—	—	—	—	2,159	212	—	—
567	1920	0,5865	21,3	4,206	89,6	28,3	0,1543	—	—	600	3888	2,366	212	2,5493	226
568	2040	0,6186	24	4,728	105	29	—	—	—	—	—	2,019	212	—	—
—	2148	0,6500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
569	2160	0,6508	21	4,607	96,8	25,5	—	—	—	—	—	2,190	212	—	—
570	2280	0,6795	24,5	5,935	96,5	28,3	—	—	—	—	—	2,198	212	—	—
571	2400	0,7082	23	4,032	92,8	26,8	0,0574	—	—	240	4184	2,285	212	2,580	239
572	2520	0,7369	31	3,484	108	34	—	—	—	—	—	1,963	212	—	—
—	2616	0,7600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
573	2640	0,7656	29	5,347	117,7	30	—	—	—	—	—	1,801	212	—	—
574	2760	0,7932	22,5	4,666	104,8	29	—	—	—	—	—	2,022	212	—	—
575	2880	0,8208	27,25	5,655	99,6	32,8	—	—	—	—	—	2,128	212	—	—
576	3000	0,8484	27	3,973	107,7	31,3	—	—	—	—	—	1,967	212	—	—
577	3120	0,8760	24,75	5,331	132	32,5	—	—	—	—	—	1,606	212	—	—
578	3240	0,9036	28	4,071	114	33,3	—	—	—	—	—	1,860	212	—	—
579	3360	0,9312	24	4,035	96,9	31	0,1104	—	—	480	4348	2,189	212	2,3175	224
—	3420	0,9450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
580	3480	0,9588	26,75	5,707	99	32,5	—	—	—	—	—	2,137	212	—	—
581	3600	0,9771	28,25	5,457	97,7	31,5	0,0449	—	—	240	5228	2,179	212	2,1682	212
582	3720	0,9960	25	4,862	111,9	29,3	—	—	—	—	—	1,899	212	—	—
583	3840	1,0150	27,5	5,609	99	32,8	0,0379	0,0268	—	240	4478	2,137	212	2,3176	229
584	3960	1,0340	24,5	4,189	102,7	31,5	—	—	—	—	—	2,065	212	—	—
585	4080	1,0529	26,5	4,264	113,6	30,8	—	—	—	—	—	1,876	212	—	—
—	4176	1,0700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
586	4200	1,0719	24	4,712	112	30	—	—	—	—	—	1,874	212	—	—
587	4320	1,0889	23	5,400	124,3	29,5	—	—	—	—	—	1,706	212	—	—
588	4440	1,1059	27	4,185	113	29,9	—	—	—	—	—	1,846	212	—	—
589	4560	1,1229	28,5	4,105	117	32,2	—	—	—	—	—	1,816	212	—	—
—	4680	1,1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4860	1,5700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

In demselben Kanal wurden die Messungen wiederholt, als das Wasser durch die Ablafsschleuse bei einer Breite von 8,5 Fufs ganz frei abfloſs; der Wasserstand auf dem Fachbaum der Einlafsschleuse war alsdann 4,87 Fufs, und auf dem Fachbaum der Ablafsschleuse 2,35 Fufs; die Wassermenge 158 Kubikfufs. Der Abhang des Bodens 1,9 Fufs.

No.	E	$\mathfrak{F}$	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L	λ	V	M	V'	M'
590	120	0,1200	22	2,595	52,75	25	—	—	—	—	—	2,8815	152	—	—
591	240	0,240	24	2,622	62,94	27	—	—	—	—	—	2,4110	152	—	—
592	360	0,36	26	2,568	61,57	27,5	—	—	—	—	—	2,4688	152	—	—
593	480	0,48	22	2,878	63,32	26,4	—	—	—	—	—	2,4000	152	—	—
—	510	0,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
594	600	0,5565	21	2,881	59,03	25,6	0,0765	—	0,0224	120	2676	2,5740	152	2,7513	162
595	720	0,6185	21,6	3,657	79	26	—	—	—	—	—	1,9240	152	—	—
596	840	0,6805	21,5	3,528	75,86	26,8	—	—	—	—	—	2,0037	152	—	—
597	960	0,7425	25	3,120	78	28,6	—	—	—	—	—	1,9480	152	—	—
598	1080	0,8045	20	3,484	69,7	25	0,248	—	0,0627	480	3303	2,1810	152	2,6	180
599	1200	0,8665	23,5	3,111	75,2	29	—	—	—	—	—	2,0790	152	—	—
—	1236	0,8850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	1320	0,9230	20,3	3,300	66,9	27,8	0,1185	—	0,0347	240	3456	2,2716	152	2,3578	157
601	1440	0,9773	24,75	3	74,1	30,2	—	—	—	—	—	2,0493	152	—	—
602	1560	1,0316	23	3,328	76,5	27,8	—	—	—	—	—	1,9855	152	—	—
603	1680	1,0850	22,25	3,425	76,2	26,3	—	—	—	—	—	1,9948	152	—	—
604	1800	1,1547	23	2,627	60,5	26	—	—	—	—	—	2,5126	152	—	—
605	1920	1,2244	20,2	2,801	56,5	25	0,3014	—	0,0883	600	3397	2,6862	152	2,3313	132
606	2040	1,2941	21,7	3,142	68,1	25,5	—	—	—	—	—	2,2294	152	—	—
607	2160	1,3639	20	3,208	64,16	22	—	—	—	—	—	2,3689	152	—	—
608	2280	1,4336	25	2,540	58,43	25	0,2092	—	0,0613	360	2936	2,6012	152	2,5281	148
609	2400	1,5033	20,5	2,826	57,93	23,5	—	—	—	—	—	2,6230	152	—	—
610	2520	1,5731	26,5	2,340	62	29,2	—	—	—	—	—	2,4510	152	—	—
—	2592	1,6150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
611	2640	1,6518	22	3,747	82,49	26,8	—	—	—	—	—	1,8427	152	—	—
612	2760	1,7441	21,3	3,125	66,58	25,6	—	—	—	—	—	2,2830	152	—	—
613	2880	1,8363	26,3	1,978	52	29,2	0,333	—	0,0975	480	1954	2,9231	152	2,7124	141
614	3000	1,9285	25	2,295	57,38	27,4	—	—	—	—	—	2,6490	152	—	—
615	3120	2,0207	24,7	3,331	82,5	28,5	—	—	—	—	—	1,8427	152	—	—
616	3240	2,1129	28	1,982	55,5	29	—	—	—	—	—	2,7388	152	—	—
617	3360	2,2052	24	1,834	44	26,6	—	—	—	—	—	3,4530	152	—	—
—	3424	2,2550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
618	3480	2,3331	25,8	1,544	39,8	27,7	—	—	—	—	—	3,8162	152	—	—
619	3600	2,5028	21	1,381	29	26,5	0,1697	0,12	—	120	488	5,2410	152	4,3120	125
620	3720	2,6724	21,8	2,328	50,7	24	—	—	—	—	—	2,9957	152	—	—
621	3840	2,8421	24	1,048	51,1	27	—	—	—	—	—	6,0340	152	—	—
622	3960	3,0118	23,4	1,245	29,1	25,5	—	—	—	—	—	5,2169	152	—	—
623	4080	3,1815	21,5	1,328	28,6	24,3	—	—	—	—	—	5,3222	152	—	—
624	4200	3,3513	20,4	2,024	42,3	23,3	—	—	—	—	—	3,6810	152	—	—
625	4320	3,5200	20,5	2,100	43,2	22,3	—	—	—	—	—	3,5218	152	—	—
626	4440	3,6910	20	1,390	27,8	21,3	—	—	—	—	—	5,4680	152	—	—
627	4560	3,8603	19,2	1,417	27,2	19,5	1,0181	0,7198	—	720	500	5,5883	152	4,825	132
—	4680	4,0300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4860	4,5500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anmerk. [Dafs die mittleren Geschwindigkeiten in den verengten Querschnitten der Beobachtungen No. 590. bis No. 627., welche nach der Formel gefunden sind, nicht ganz genau mit denen in den Versuchen übereinstimmen, hat darin seinen Grund, dafs beim Nivellement des Wasserspiegels nur 8, also viel zu wenig Wassertafeln genommen sind. Es hätte die Neigung des Wasserspiegels wenigstens in 24 Punkten ermittelt werden müssen.]

Die folgenden hydrometrischen Messungen sind in der Thurmschanzen-Elbe bei Magdeburg bei einem Wasserstand angestellt, da derselbe 9,01 Fuſs über dem Nullpunkt des neuen Pegels, und 7,01 Fuſs über dem allerkleinsten der Elbe stand. Man sehe deshalb die Beobachtungen No. 139. bis No. 150. Alle Gröſsen sind im Rheinl. Fuſsmaaſs ausgedrückt. In der Beobachtung No. 630. fällt der Querschnitt dicht vor der langen Brücke.

No.	E	$\mathfrak{F}$	B	H	Q	P	F	$0{,}707F$	$0{,}293F$	L_1	λ	V	M	V'	M'
628 D	3327	0,8740	398	14,041	5588	410	—	—	—	—	—	3,7581	21094	—	—
629 E	5596	1,3655	493	12,863	6341	503	—	—	—	—	—	3,2188	20109	—	—
630	7587	1,9280	307	12,961	3980	515	1,928	1,363	—	7587	2756	5,1951	20677	4,9205	19584
631	7653	1,9890	307	12,961	3980	515	—	—	—	—	—	5,1951	20677	—	—
632 I	9060	2,5050	468	12,047	5638	482	—	—	—	—	—	3,6536	22810	—	—
633 K	10040	2,8930	540	12,961	5753	547	—	—	—	—	—	3,5851	21607	—	—
634	10948	3,2950	428	7,817	3346	434	0,790	0,558	—	1888	2491	6,1207	20677	6,1207	20480

Diese Beobachtungen sind im Jahr 1804 unterhalb der Vlotower Fähre in der Weser angestellt, und in Funk's Beiträge etc. S. 68. unter No. 34., desgleichen auch in der 9ten und 11ten Tabelle daselbst aufgeführt.

635	600	0,240	305	4,365	1361	306	—	—	—	—	—	2,693	2253	—	—
636	1200	0,330	293	3,468	1016	297	—	—	+	—	—	2,431	2470	—	—
637	1908	1,260	94	4,297	404	98	0,93	—	—	808	869	6,105	2470	6,3251	2555
638	2394	1,870	207	2,776	575	210	—	—	+	—	—	4,298	2470	—	—
639	3150	2,670	152	3,967	603	158	—	—	+	—	—	4,093	2470	—	—
640	3858	2,920	230	5,444	1251	234	—	—	—	—	—	1,974	2470	—	—
641	4638	3,055	244	6,102	1488	249	—	—	+	—	—	1,664	2470	—	—

XVI.

Von den örtlichen Widerständen, die in allen Fluſs- und Strombetten, welche aus Sand, Kies und Steinen bestehen, angetroffen werden; und von der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in irgend einem Querschnitt, dessen Wasser nicht ganz frei abflieſst, sondern durch einen unterhalb belegenen engeren Querschnitt verzögert wird.

184. Alle Flüsse und Ströme, die Erde, Sand, Kies und abgwälzte Steine führen, lagern diese Sinkstoffe entweder quer durch das Bett, so daſs die dadurch entstehenden Bänke Untiefen erzeugen und wie Ueberfallswehre wirken; oder sie lagern dieselben an einem Ufer dergestallt, daſs sich eine solche Alluvion weit in den Strom hinein erstreckt, die Breite des Flusses schmälert und (wenn der Boden aus einem Material bestehet, das keiner schnellen Vertiefung fähig ist) oberhalb des verengten Querschnitts einen Aufstau (oder eine Druckhöhe) erzeugt, der das Wasser mit beschleunigter Geschwindigkeit durch die verengte Abflufsöffnung preſst.

Zwischen zwei solchen verengten Querschnitten q und q' (die oft 12000 Fuſs von einander entfernt seyn können, wie dies die Beobachtungen No. 270. bis No. 311. lehren) wird nun das Wasser in allen dazwischen liegenden Querschnitten Q, Q', Q'' u. s. w. ver-

verträgt; und zwar desto mehr, je gröfser die Querschnitte Q, Q', Q'' u. s. w., und je kleiner der unterhalb liegende Querschnitt q' ist. Das zwischen den verengten Querschnitten q und q' fliefsende Wasser kann zwar zur Gleichförmigkeit gelangen, aber es wird nicht frei abfliefsen, wie dies No. 138. gezeigt ist.

Die Bewegung des Wassers in den Querschnitten Q, Q', Q'' u. s. w. hängt also offenbar von dem unterhalb belegenen verengten Querschnitt q' ab (S. No. 54. 69. 70. 75. 76. 81. 84. 99.); das heifst; der unterhalb liegende Querschnitt AB, Fig. 64., wirkt am stärksten auf die Verzögerung des Wassers in den Querschnitten CD, EF, GH, IK, LM, ein. Wenn aber die mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge im Querschnitt LM gefunden werden soll; so haben die Querschnitte IK und EF ebenfalls einen, wenn gleich nicht so bedeutenden Einfluſs als der Querschnitt AB, auf die Verzögerung des Wassers in LM; wie dies bereits schon hinlänglich (No. 58. und No. 99.) erörtert ist.

185. Der Erfolg dieser Verzögerung oder der örtliche Widerstand $= \mathfrak{W}$, welchen das Wasser im Querschnitt $LM = Q$, $GH = Q'$, $CD = Q''$, Fig. 64., erleidet, bestehet nun darin, daſs die Wassertheilchen der Schwere entgegen steigend und von der Seite abgelenkt flieſsen müssen, um in den Querschnitt $AB = q'$ einzuströmen. Dazu wird aber eine gröfsere Druckhöhe oder Gefälle erfordert, um nicht allein die beständigen Widerstände (die von der Klebrigkeit und Anhänglichkeit der Wassertheilchen herrühren) zu überwinden; sondern auch die Wassertheilchen, die in den Querschnitten LM, GH, CD am Boden flieſsen, so zu pressen, daſs sie steigend durch den Querschnitt $AB = q'$ strömen. (S. No. 36. 85. 90. und 138.)

Das Gefälle $QB = LN = F$, Fig. 64., bestehet daher aus zwei Theilen: der eine Theil ist zur Bewegung des Wassers von L nach $I = f'$, von I bis $E = f''$ und von E bis $B = f'''$ erforderlich; der zweite Theil des Gefälles aber ist als die Druckhöhe im Querschnitt $IK = H'$, im Querschnitt $EF = H''$, und endlich im Querschnitt $BA = H'''$ anzusehen, welche das Wasser durch die verengten Querschnitte preſst; daher $F = (f' + f'' + f''') + (H' + H'' + H''')$.

Daſs diese Darstellung naturgemäſs ist, läſst sich beweisen (S. auch No. 274.). Denn sucht man nach der Formel für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers (S. No. 136. bis No. 156.) die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt $AB = q'$ und sieht $BQ = LN$ als das Gefälle an, welches der Länge LB entspricht; so findet man jedesmal die mittlere Geschwindigkeit V'' im Querschnitt q' zu klein, weil man die Druckhöhe H, die im ganzen Gefälle $BQ = LN$ vorhanden, aber nicht gehörig abgesondert ist, nicht in Betracht gezogen hat, welche erforderlich wird, den örtlichen Widerstand ($\mathfrak{W}$) zu überwinden. Dahingegen findet man (wenn $SG = LP$ und $RC = LO$, das Gefälle für die Querschnitte GH und CD, dem die Länge LG und LC entspricht, bezeichnet, und darnach die mittlere Geschwindigkeit der Querschnitte GH und CD berechnet wird) jedesmal (V'') viel zu grofs, weil man die Druckhöhen ($H' + H'' + H'''$) nicht abgezogen hat, die zur Ueberwindung des Widerstandes ($\mathfrak{W}$) in der verengten Abflufsöffnung erfordert wird, und wirklich im Gefälle SG und RC vorhanden ist.

Nennt man daher das ganze Gefälle $QB = F$, und dasjenige Gefälle, welches erforderlich ist, die Wassermasse gleichförmig zu bewegen $= f$; ferner die Druckhöhe, die nöthig wird, den örtlichen Widerstand im Querschnitt AB zu überwinden, $= H$, so ist jedesmal $F = f + H$.

Bezeichnet nun ferner ($\mathfrak{f}$) das Gefälle RC, welches der Länge AC und dem Querschnitt CD entspricht; und bedeutet (f) dasjenige Gefälle, welches erforderlich ist, die Wassermasse M bis zum Querschnitt CD gleichförmig zu bewegen, so ist nur $f = \mathfrak{f} - H$; u. s. w.

186. Aber so wenig die Druckhöhe H für den Querschnitt AB, so sind noch weniger H' und H'' für die Querschnitte GH und CD bekannt; auch mögte wohl H' und H'' äufserst schwierig zu bestimmen seyn: daher zweifle ich, dafs man auf diesem Wege, der zwar den Erscheinungen der Natur völlig angemessen ist, zu einem allgemeinen Ausdruck für die Bewegung des Wassers im verträgten Zustande gelangen wird. Um so mehr mufs ich daran zweifeln, da (wie bereits No. 89. und No. 99. gezeigt ist) unter gewissen Umständen ein Theil des Wassers in irgend einem Querschnitt AB, Fig. 37., stroman fliefsen kann, dessen Einwirkung gar nicht zu berechnen ist [Man sehe deshalb Beobachtung No. 818. und 819.]. Aufserdem lassen sich vielleicht bei einem sorgfältigen Studium der Natur noch mehrere örtliche Widerstände auffinden, die Verzögerung des Wassers zwischen zwei verengten Querschnitten q und q' bewirken: wohin besonders Herr Venturi die Wirbel rechnet, welche entstehen, wenn das Wasser an die Unebenheiten des Grundbetts anstöfst, die Wasserstreifen sich in verschiedenen Richtungen kreuzen, und so die Geschwindigkeit verträgen. Ueberhaupt, da die Gestaltung der Querschnitte und die Erhebungen und Vertiefungen im Grundbett zufällig sind, und durchaus nicht eine stetig veränderliche, sondern eine höchst ungleich veränderliche Wassertiefe zwischen q und q' angetroffen werden kann: so begründen diese Erscheinungen meine Behauptung um so mehr, da insbesondere die (No. 95. Zusatz.) angeführte Erfahrung auch hier ihre Anwendung finden möchte, dafs nämlich die Geschwindigkeit des Wassers unter solchen Umständen nicht von der Oberfläche nach dem Boden stetig (etwa nach einer logarithmischen Linie), sondern ungleich abnimmt.

Zusatz.

Damit man sich überzeugen kann, wie viel in den irregulärsten Querschnitten irgend eines fliefsenden Gewässers die Abweichung von der logarithmischen Stromscale beträgt, wenn das Wasser verträgt wird, und steigend, horizontal und von der Seite abgelenkt, ja wirbelnd sogar gegen den Strom fliefst, so theile ich nachstehende Beobachtungen mit, welche der Herr Bauconducteur Zimmermann im Jahr 1818 dieserhalb in der Saale angestellt hat.

[Allgemein wird angemerkt, dafs alle Querschnitte auf den Wasserstand von 4 Fufs auf dem Unter-Drempel der Calbenschen Schleuse reducirt sind. Ferner, dafs alle Zahlenwerthe, die mit [ ] eingefafst sind, Geschwindigkeiten bezeichnen, womit das Wasser gegen den Strom flofs.]

Geschwindigkeiten in Fufsen.	813. *Beobachtung* im Querschnitt 57. Fig. 1.				814. *Beobachtung* im Querschnitt 58. Fig. 1.			
	1ste	2te	3te	4te	1ste	2te	3te	4te
	Perpendikuläre.				Perpendikuläre.			
8 Zoll unter der Oberfläche . .	0,1875	1,457	1	0,2812	1,1875	1	0,6250	0,1875
In der Mitte	0,125	1,5625	1,0895	0,1875	1,000	0,78125	0,5000	0,1250
8 Zoll über dem Grunde	0,0937	1,343	0,875	0,1250	0,78125	0,71800	0,4375	0,0937
Tiefe	14	15,1	11,9	8	15,57	12,3	10,05	6,65
Mittlere Geschwindigkeit in Fufsen für jede Perpendikuläre . .	0,1354	1,4475	0,9882	0,1979	0,98958	0,833	0,5208	0,1354
Flächeninhalt jeder Section im Querschnitt	518	685	563	383	757	579	462	352
	$B = 226$, $Q = 2149$ □fufs, $h = 9,54$, $V = 0,7882$, $M = 1693$ Kubikfufs.				$B = 207$, $Q = 2150$ □fufs, $h = 10,386$, $V = 0,703$, $M = 1515$ Kubikfufs.			

Geschwindigkeiten in Fufsen.	815. *Beobachtung* im Querschnitt 60. Fig. 1.						816. *Beobachtung* im Querschnitt 61. Fig. 1.			
	1ste	2te	3te	4te	5te	6te	1ste	2te	3te	4te
	Perpendikuläre.						Perpendikuläre.			
8 Zoll unter der Oberfläche . .	—	1,0945	1,266	1,543	1,625	2,0625	—	—	2,5830	4,4866
In der Mitte	0,8125	—	—	—	—	—	—	—	2,2815	4,3125
8 Zoll über dem Grunde	—	0,7812	1	0,875	1,3125	1,875	—	—	1,8125	3,3750
Tiefe	1,45	5,7	5,3	5,35	4,35	3,850	0,55	2,35	6,21	7,9
Mittlere Geschwindigkeit jeder Perpendikuläre	0,8125	0,9387	1,133	1,109	1,4687	1,9687	—	—	2,2257	4,0347
Flächeninhalt jeder Section im Querschnitt	86	177	249	258	216	221	55	90	265	252
	$B = 297$, $Q = 1207$ □fufs, $h = 4,063$, $V = 1,288$ und $M = 1556$ Kubikfufs.						$B = 161$, $Q = 643$ □fufs, $h = 3,9937$, $V = 2,499$, $M = 1607$ Kubikfufs.			

817. *Beobachtung.*
im Querschnitt 69. Fig. 1.

Geschwindigkeiten in Fufsen.	1ste	2te	3te	4te	5te
	Perpendikuläre.				
8 Zoll unter der Oberfläche	—	—	1	2	2,125
In der Mitte	—	—	0,8125	1,633	1,937
8 Zoll über dem Grunde	—	—	0,8125	1,125	1,875
Tiefe	3	8,3	10,1	9,2	7,5
Mittlere Geschwindigkeit jeder Perpendikuläre	—	—	0,875	1,586	1,979
Flächeninhalt jeder Section im Querschnitt	131	380	230	429	324

$B = 208$, $Q = 1503$ □fufs, $h = 7,226$, $V = 1,0179$, $M = 1530$ Kubikfufs.

Anmerk. [Die beobachtete Geschwindigkeit in der 5ten Perpend. am Grunde halte ich nicht für richtig.]

818. *Beobachtung*
im Querschnitt 70. Fig. 1.

Geschwindigkeiten in Fufsen.	1ste	2te	3te	4te	5te	6te	7te
	Perpendikuläre.						
8 Zoll unter der Oberfläche	[0,3437]	—	0,4344	0,468	1,0625	1,5625	1,3437
In der Mitte	[0,2187]	—	—	0,625	1,1875	1,437	1,55
8 Zoll über dem Grunde	[0,2187]	—	0,2187	0,4375	0,5625	0,812	0,875
Tiefe	4,9	8,55	10,85	12,4	13,9	14,6	8,4
Mittlere Geschwindigkeit jeder Perpendikuläre	[0,2603]	—	0,3265	0,5101	0,9375	1,2705	1,2562
Flächeninhalt jeder Section im Querschnitt	247	160	133	152	410	513	304

$B = 197$, $Q = 1919$ □fufs, $h = 9,7421$, $V = 0,801$, $M = 1537$ Kubikfufs.

Anmerk. [Die Geschwindigkeit in der 4ten Perpend. am Grunde halte ich nicht für richtig.]

819. *Beobachtung*
im Querschnitt 78. Fig. 1.

Geschwindigkeiten in Fufsen.	1ste	2te	3te	4te	5te	6te	7te	8te
	Perpendikuläre.							
8 Zoll unter der Oberfläche	—	[0,5312]	[0,373]	[0,125]	0,40625	1,434	2,25	1,0312
In der Mitte	—	—	—	—	0,531	1,125	2,0625	—
8 Zoll über dem Grunde	[0,09375]	[0,4375]	[0,1875]	[0,2187]	0,437	0,718	1,6562	0,5
Tiefe	3,05	4,4	6,35	8,5	8,65	10,17	10,1	6,5
Mittlere Geschwindigkeit jeder Perpendikuläre	[0,09375]	[0,484]	[0,280]	[0,171]	0,458	1,093	1,9895	0,765
Flächeninhalt jeder Section im Querschnitt	129	110	156	200	220	564	480	190

$B = 247$, $Q = 1809$ □fufs, $h = 7,324$, $V = 0,872$, $M = 1579$.

Anmerk. [Die Geschwindigkeit in der 5ten Perpend. am Grundbett halte ich für unrichtig.]

187. Aufser dem Einfluſs, den irgend ein unterhalb liegender Querschnitt q' auf die Verträgung des Wassers und auf das Gefälle des Wasserspiegels oberhalb belegener Querschnitte Q, Q', Q'' u. s. w. hat, wird man auch eine sehr wesentliche Veränderung in dem gegenseitigen Verhalten der Geschwindigkeiten C und S zu V (No. 61.) gewahr; dieses kann so mannigfaltig seyn, so verschiedenartig die verengten Querschnitte (q') angetroffen werden, von welchen die Verträgung des Wassers in dem oberhalb belegenen Querschnitte abhängig ist. Da ich aus meines Erachtens das gegenseitige Verhalten der Geschwindigkeiten C und S zu V unter diesen Umständen (in No. 69. 70. 75. 81. 83. 84. 95. Zusatz und 99.) zur Genüge erörtert habe, so kann ich darauf füglich hinweisen.

188. Weil es nun aber ganz unleugbar ist, daſs die mittlere Geschwindigkeit irgend eines Querschnitts Q, der zwischen zwei verengten Querschnitten q und q' liegt, und dessen Wasser verträgt wird, durchaus nicht anders gefunden werden kann, als wenn man nicht allein alle Abmessungen des Querschnitts q', sondern auch das Gefälle des Wasserspiegels von q zu q' (also auch die mittlere Geschwindigkeit V' und Wassermenge M im Querschnitt q') kennt (die nach No. 164. bis No. 183. leicht bestimmt werden können); und weil von diesen Abmessungen die Bewegung des Wassers in Q abhängt: so ergiebt sich hierdurch ein sehr einfaches Mittel, auf eine indirecte Weise zu der richtigen Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit des Querschnitts Q zu gelangen, indem $V'' = \frac{M}{Q}$ ist.

Dieses Resultat ergiebt sich auch durch eine andere Betrachtung. Behalten wir die Bezeichnungen (in No. 136.) bei, und heifst $\mathfrak{B}$ der örtliche Widerstand, der im Querschnitt Q wirksam ist; so ist die durch den Querschnitt q' abfliefsende Wassermenge $M = \sqrt{\left(\frac{2g}{n} \cdot \frac{q^3 1{,}414^\beta}{p^\lambda}\right)}$. Diese Wassermenge soll gleich seyn $M = \sqrt{\left(\frac{2gQ^{3\alpha}}{n\mathfrak{B} \cdot PL}\right)}$, also ist $\mathfrak{B} = \frac{Q^{3\alpha} p^\lambda}{1{,}414^\beta q^3 PL}$; substituiren wir diesen Werth in die Gleichung $V'' = \sqrt{\left(\frac{2gQ^\alpha}{n\mathfrak{B} \cdot PL}\right)}$, so erhält man $V'' = \frac{M}{Q} = \sqrt{\left(\frac{2gq^3 1{,}414^\beta}{nQ^2 p^\lambda}\right)}$, wie schon vorher ohne Rechnung gefunden ist.

189. Bezeichnet man nun (wie in No. 61.) die Geschwindigkeit desjenigen Stromfadens in der Oberfläche, wo jene im Querschnitt Q am gröfsten ist, mit $(C)_1$, so würde man, da V'' bekannt ist, die mittlere Geschwindigkeit am Boden $= S$, ebenfalls im Querschnitt Q (nach No. 81.) sehr leicht finden, wenn nur C bekannt wäre. Nun lehrt aber die Erfahrung, daſs in allen Querschnitten, deren Wasser nicht frei abfliefsen kann, sondern verträgt wird, C beiläufig nach der Formel, die für die gleichförmige mittlere Geschwindigkeit beim freien Abfluſs des Wassers (in No. 136. bis No. 156.) gefunden ist, bestimmt werden kann; daher $C = \sqrt{\left(\frac{2gQ^\alpha}{nPL}\right)}$.

Auf diesem Wege ist man daher im Stande, in jedem Querschnitt irgend eines Stroms nicht allein die genaue mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $= V''$, sondern auch beiläufig die Geschwindigkeiten C und S zu berechnen.

Man wird sich dabei ohne grofsen Nachtheil der logarithmischen Stromscale um so zuverläfsiger bedienen können, als die Beobachtungen No. 813. bis No. 819. (wenn man die gemessenen Geschwindigkeiten an der Oberfläche und am Grundbett als die richtigen annimmt) lehren, dafs der Unterschied, selbst bei den aller irregulärsten Querschnitten, nicht von Bedeutung ist.

XVII.

Von den zufälligen Widerständen.

190. Unter den zufälligen Widerständen begreift man

a) die Wasserpflanzen, wovon wir schon No. 161. wissen, dafs sie die Geschwindigkeit des Wassers ungemein vertragen;

b) der Wind gegen den Strom. Man hat Beispiele, dafs der Wind den Strom 6 bis 12 Fufs hoch aufgestauet hat.

c) Das Schneegestöber und starker Regen. Die Verzögerung des Wassers, welche durch den hineinfallenden Schnee oder durch Platzregen entstehet, rührt daher, weil die auf der Oberfläche des Wassers sich fortbewegenden Wassertheilchen den hineingefallenen Schnee und Regen in Bewegung setzen müssen, wobei sie einen Theil ihrer Geschwindigkeit verlieren.

d) Der Frost. Wenn der Flufs mit einer Eisdecke belegt ist, so wird die Verzögerung des Wassers unter derselben gröfser als beim eisfreien Strom seyn, weil der Widerstand dem Umfang des Schlauches proportional ist, dieser ist aber nur beim eisfreien Strom $= B + 2H$; dahingegen bei einem mit Eis bedeckten $= 2(B + H)$.

e) Rückstau des Wassers. Ueber diese so wichtige Erscheinung haben wir meines Wissens bis jetzt durchaus keine genügenden Erfahrungen aufzuweisen; gleichwohl ist in sehr vielen Fällen der Ausübung dieser Rückstau von ganz unglaublichem Einfluss auf die Verzögerung des Wasserabflusses, und ich wünsche aufrichtig, dafs diese Erscheinung einer gründlichen Prüfung unterworfen werden möge.

f) Die groben und leichten Materialien und Sinkstoffe, welche der Strom beim Hochwasser wälzend und schwimmend fortführt. Die Wassertheilchen werden ebenfalls dadurch verzögert, dafs sie diese Körper in Bewegung setzen müssen. Daraus folgt, dafs trübes Wasser mit Sinkstoffen geschwängert, bei übrigens gleichen Umständen, langsamer als reines Wasser fliefst.

g) Wirbel und Widerströme verzögern ebenfalls die Geschwindigkeit des Wassers (S. No. 95. und No. 186.).

Anmerk. [Zu den zufälligen Widerständen könnte man auch noch den verschiedenen Grad der Flüssigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen rechnen, weil warmes Wasser flüssiger als kaltes ist, Weil sich

aber, nach Rumford, die Wärme in den Flüssigkeiten nicht nach unten verbreitet, oder überhaupt, weil eine Mittheilung der Wärme unter ihren Theilen, und ein Uebergang von einem Theilchen zum andern nicht wahrgenommmen wird, also Wasser ein Nichtleiter der Wärme ist, so fällt bei tiefen Flüssen und Strömen diese Betrachtung fort, wie auch schon No. 134. Anmerk. gesagt ist.]

XVIII.

Von den Stromkrümmungen, und dem Einfluss, den sie auf die Bewegung des Wassers haben; ganz nach der Erfahrung und immer unter der Voraussetzung beurtheilt, dass sich das Wasser im Beharrungszustande befindet.

191. Das Wasser hat selten die Freiheit, der geradlinigen Bahn lange zu folgen; es wird genöthiget, sich mit den Thälern durch die Gebirge zu winden, oder sich in Gegenden, wo es den geringsten Widerstand findet, eine Bahn zu durchbrechen, oder den Widerständen auszuweichen, die es von seiner geraden Bahn ablenken, und zwingen in Krümmungen zu fliefsen. Aus diesen Ansichten ergeben sich folgenreiche Sätze, die allen Stromkrümmungen gemein sind.

192. Alle Stromkrümmungen verringern die Geschwindigkeit des Wassers und stauen es auf. Es ist nämlich der Abhang des Wasserspiegels die wesentlichste Ursache der Bewegung; da sich nun derselbe nothwendig zwischen zwei gegebenen Punkten verringern mufs, je nachdem der Flufs viele und grofse Krümmungen zwischen diesen bildet, folglich darin einen längeren Weg macht, als der gerade beträgt, so ist es klar, dafs die Stromkrümmungen die Geschwindigkeit des Wassers zwischen jenen zwei gegebenen Punkten, im Verhältnifs ihrer gröfseren Länge, verringern müssen.

In jeder Stromkrümmung mufs also ein geringeres Gefälle, eine geringere Geschwindigkeit, und eine gröfsere Wassertiefe als in der geraden Bahn gefunden werden, wenn beide in gleichen Zeiten, bei gleicher Breite, gleiche Wassermengen abführen; dies folgt aus No. 16. und 17.

193. Uebrigens begreift man leicht, dafs noch aufser der Verlängerung des Weges in jeder Stromkrümmung verzögernde Kräfte vorhanden sind, welche die Geschwindigkeit des Wassers verringern; nämlich:

Erstens, dafs die Wassertheilchen gezwungen werden, die gerade Bahn zu verlassen, jeden Augenblick ihre Richtung zu verändern, und in krummen Linien zu fliefsen;

Zweitens, dafs ein Theil des Wassers an dem convexen Ufer mit der Geschwindigkeit (C) anstöfst, und ein anderer Theil, der nicht zum Stofs auf das Ufer gelangt, Aufstau erleidet; dafs beide vereint zur Verringerung der Geschwindigkeit des Wassers ganz besonders im Bug der Krümmung beitragen, und überhaupt die Verzögerung des Wassers von der Einflufsmündung bis zum Bug bewirken. Jede dieser Erscheinungen erfordert eine ganz besondere Betrachtung.

194. Je gröfser die Krümmung, oder je kleiner der Halbmesser ist, womit die Krümmung beschrieben werden kann, nach welcher die Wassertheilchen beim Abfliefsen ihre Richtung ändern

müssen, desto gröfser ist die Verzögerung des Wassers von der Einflufsmündung bis zum Bug derselben. Denn die Wassertheilchen ändern ihre Richtung nur gezwungen; sie verlieren also desto mehr von ihrer Geschwindigkeit, je gröfser die Krümmung ist, oder je näher sie am convexen Ufer her fliefsen müssen, indem sie bei jeder Ablenkung von der geraden Bahn, die am convexen Ufer am gröfsten ist, einen beträchtlichen Theil derselben verlieren.

Die concaven oder convexen Curven, welche die Wassertheilchen beim Abfliefsen beschreiben, lassen sich öfters nicht mit einem einzigen Halbmesser, sondern nur mit zwei, drei und mehreren verzeichnen, wovon einer der kleinste ist. Auch kann der kleinste Krümmungshalbmesser des convexen Ufers nicht kleiner als = o seyn, und der kleinste des concaven Ufers nicht kleiner als die Breite des Stroms werden. Fig. 65. sei solche Krümmung, und A, C, B die drei Mittelpunkte aus denen die Krümmung beschrieben worden ist, so ist CE der kleinste und $AD = BE$ der gröfste Halbmesser des concaven, und $C = o$ der kleinste und $BC = AC$ der gröfste Halbmesser des convexen Ufers. Augenscheinlich ist am convexen Ufer die Aenderung der Curve von der geraden Linie am gröfsten, und also mufs auch die Verzögerung des Wassers gerade da am gröfsten seyn, welches auch die Erfahrung vollkommen, und zwar bei allen Wasserständen und bei allen übrigen Erscheinungen bestätiget. Zwar kann sich das Verhältnifs der Geschwindigkeit des Wassertheilchens in I gegen das in F oder C ganz ungemein ändern, dennoch aber wird stets die Geschwindigkeit in I gröfser als in F seyn. So z. B. habe ich gefunden, dafs bei einem sehr kleinen Wasserstande die Geschwindigkeit in I drei und zwanzig mal gröfser als in F, hingegen beim bordvollen Strom aber nur dreimal gröfser seyn kann.

Für ein und eben dieselbe Krümmung ist also am concaven Ufer die Verzögerung des Wassers im Betreff der Ableitung der Wassertheilchen von der geraden Bahn am kleinsten, weil der Krümmungshalbmesser daselbst am gröfsten ist.

Dieselben Erfolge und Erscheinungen werden in breiten Gräben und Abzugskanälen angetroffen, wo die Ecken oder Buge rechtwinklig oder gar spitzwinklig sind. Und nur aus diesen so eben hier vorgetragenen Gründen (nicht aus der Schwungkraft) wird die Erscheinung naturgemäfs erklärt, warum die Eismassen, selbst in einer sehr breiten Krümmung, wenn sie beim Eingang in dieselbe auch 6 — 800 Fufs weit vom concaven Ufer entfernt sind, doch bis an dieses Ufer hingetrieben werden, indem sie bekanntlich demjenigen Wasserstreifen nachfolgen, der die gröfste Geschwindigkeit hat (vorausgesetzt, wenn nicht darin der Wind eine Aenderung macht). Desgleichen wird auch aus diesen Gründen die Ursache des unaufhörlichen Abbruchs des concaven Ufers (weil hier die abnagende Kraft am gröfsten ist) erwiesen. Dahingegen mufs an jedem convexen oder spitzwinkligen Ufer Anwachs entstehen, weil daselbst stets die Geschwindigkeit des Wassers am geringsten ist, also da die Sinkstoffe am ersten zur Ruhe kommen und sich niederschlagen.

195. Mit dem Stofs und Aufstau des Wassers am concaven Ufer verhält es sich aber ganz anders. Die Geschwindigkeit, mit denen sich die Wassertheilchen daselbst bewegen, sei C, und die Höhe, von welcher ein schwerer Körper in der ersten Secunde frei herabfällt, $= g$; so

schwillt

schwillt das Wasser, indem es auf das concave und senkrechte Ufer stöfst, um die Höhe $\frac{C^2}{4g} = \mathfrak{H}$ an [fällt aber der Strom unter dem Winkel α das senkrechte Ufer an, so ist $\mathfrak{H} = \frac{C^2}{4g} \sin. \alpha$]; hierdurch entstehet eine Rückstauung, die sich am concaven Ufer bis zu einer gewissen Entfernung EO, Fig. 65.; in den verschiedenen Stromfäden oder Wasserstreifen aber von I nach N, von H nach M, von G nach L, von F nach K u. s. w. oberhalb oder stroman erstreckt. Der Aufstau ($\mathfrak{H}$) in einem und eben demselben Querschnitt, ist also da am gröfsten, wo die Geschwindigkeit des Wassers am gröfsten ist. Diese findet sich aber am concaven Ufer vor; folglich mufs der Aufstau vom concaven Ufer E nach dem convexen, als nach I, H, G, F, immer mehr abnehmen, bis derselbe in C, Fig. 65., $= o$ wird. Die Erfahrung bestätiget dieses Resultat in den mehrsten Fällen und zwar ganz besonders vom Eingang in die Krümmung O bis zum Bug ED.

Anmerk. [Allgemein ist der Aufstau nicht immer am concaven Ufer am gröfsten. Ich habe schon Nro. 56. angeführt, dafs unter gewissen Umständen die Nivellements ergeben haben, dafs das Wasser am convexen Ufer höher, als an dem gegenüberliegenden concaven Ufer sich vorfand. Dies kann nun der Fall seyn, wenn z. B. am convexen Ufer Kies und Sandbänke, wie in Fig. 57., liegen, wo das Wasser in dem Raum $BCDb$ aufgefangen und aufgestauet wird; auch können noch andere Erscheinungen solchen Aufstau am convexen Ufer bewirken. Ich mufs dies vorläufig auf sich beruhen lassen, weil ich darüber nicht genügende Erfahrungen aufzuweisen vermag.]

196. Ist der Aufstau am concaven Ufer jedesmal gröfser als am convexen, so kann in einem Querschnitt die Oberfläche des Wassers (nämlich im Bug einer Krümmung) nicht in einer Horizontalebene liegen; sondern, wenn adc, Fig. 66., den Querschnitt im Bug der Serpentine, und ac den Wasserspiegel vorstellt, so ist derselbe nicht horizontal wie ab, sondern nach c geneigt, und daher am concaven Ufer um ae höher, als am convexen.

197. Die Neigung des Wasserspiegels, der Länge des Stroms nach, ist von der Einflufsmündung O, Fig. 65., bis zum Bug ED irgend einer Stromkrümmung am convexen Ufer jedesmal gröfser als am concaven; dies gehet schon aus der Figur hervor. Denn wenn auch nicht die Punkte E, F und D, P in einer Horizontal-Ebene liegen, so ist doch die Neigung des Wasserspiegels auf die Länge KFP, kleiner als auf OED, und überhaupt das Gefälle in FP gröfser als in ED, weil $FP < ED$ ist.

198. Hieraus läfst sich nun folgern: dafs, obgleich von der Einflufsmündung bis zum Bug einer Stromkrümmung das Gefälle des Wasserspiegels am convexen Ufer gröfser als am concaven ist; so ist dennoch der Verlust, welchen die Wassertheilchen dadurch erleiden, dafs sie ihre Richtung stets zu ändern gezwungen sind, nicht allein weit gröfser als der Einfluss, welchen der Unterschied des Gefälles zwischen dem convexen und concaven Ufer im Querschnitt DC, Fig. 65., auf die Bewegung des Wassers hervorbringt, sondern auch gröfser als die Verzögerung, welche durch den Aufstau am concaven Ufer entstehet, so, dafs zu allen Zeiten und unter

allen Umständen die Geschwindigkeit am concaven Ufer gröfser als am convexen Ufer angetroffen wird, welches sonst nicht statt finden könnte.

199. So wie nun unter keinen Umständen im Scheitel einer Stromkrümmung der Wasserspiegel eines Querschnitts wagrecht seyn kann, so bildet auch niemals der Wasserspiegel in einer oder in mehreren Stromkrümmungen, der Länge nach, eine gleichförmig fallende Linie oder eine einzige Curve; sondern das Wasser wird von der Einflufsmündung A, Fig. 67., bis zum Scheitel B der ersten Krümmung aufgestauet, senkt sich von da bis zu irgend einem Punkt C, zwischen B und D der zweiten Krümmung, wenn der Schenkel BD lang genug ist, um von neuem in D aufzustauen, sich wieder in E zu senken, in F, G und H zu erheben, und so mit vermehrter Geschwindigkeit nach I abzufliefsen. (S. Fig. 69.)

200. Denken wir uns eine unter dem Winkel α gegen den Horizont geneigte Ebene AB, Fig. 68., deren Länge $AB = L$ und Höhe $AC = F$ ist; so wird $\frac{F}{L} = \sin. \alpha$ der Abhangsquotient der geraden Linie AB; und wenn die Länge $DEFGHIKLM$ den Krümmungen nach gemessen mit ϱ, die Höhe ebenfalls mit F bezeichnet wird, so ist $\frac{F}{\varrho} = \sin. \beta$ der Abhangsquotient der gekrümmten Linie $DEFGHIKLM$ für die Sohle oder für den Boden des Flufsbettes. Heifst nun noch die Breite des Bettes $= B$, und ist sie überall gleich, so haben wir eine Darstellung von einem Flufsbezirk, der Krümmungen in Krümmungen macht, und dessen Boden gleichförmig fallend und durchaus unvertiefbar ist.

Nun verliert aber das Wasser in jedem Bug einer Krümmung einen endlichen Theil seiner Geschwindigkeit, in Beziehung mit der geraden Bahn (S. No. 192. 194. 195.). Heifst dieser Theil $\frac{1}{m}$, so wird der Verlusttheil an Geschwindigkeit $= \frac{1}{m} C$ gröfser oder geringer seyn, je mehr oder je weniger die Wassertheilchen von ihrer geraden Bahn abgelenkt werden, d. h. je gröfser oder je kleiner der Halbmesser ist, womit die Krümmung beschrieben werden kann, und je gröfser oder kleiner der Stofs und der Aufstau des Wassers am concaven Ufer gefunden wird. War die Geschwindigkeit des Wassers in A, Fig. 67., $= C$, so wird dieselbe nun in B nur $= (1 - \frac{1}{m}) C$ bleiben. Soll aber in gleichen Zeiten eine gleiche Wassermenge durch alle Querschnitte bei gleicher Breite und bei einem stetigen Gefälle des Bodens abgeführt werden; so mufs $BH (1 - \frac{1}{m}) C = BhC$, also $H > h$ seyn: woraus also folgt, dafs sich der Wasserspiegel in den Scheiteln der Krümmungen B, D, F, G, H, Fig. 67., erheben mufs.

201. Strömt nun das Wasser aus der ersten Krümmung bei B, Fig. 67., in eine zweite nach D; so ist begreiflich, dafs von B bis zu einem gewissen Punkt zwischen B und D, nämlich in C, das Wasser mit vermehrter Geschwindigkeit abfliefsen mufs, wenn der Scheitel BD nur lang genug ist, und zwar deshalb, weil sich schon alle Wassertheilchen bis im Bug B der Krümmung am stärksten gewendet, folglich schon den ganzen Verlust an Geschwindig-

keit erlitten haben. Mit einer vermehrten Geschwindigkeit des Wassers ist aber stets ein stärkeres Gefälle des Wasserspiegels gepaart, woraus also eine Senkung desselben gefolgert, und auch wirklich so in der Natur angetroffen wird (immer vorausgesetzt, der Schenkel *BD* sei lang genug). Vom Punkt *C* gehet eine neue Stauung an, die durch *D* verursacht wird u. s. w. Durch diese Darstellung wird man also völlig überzeugt, dafs wenn die Schenkel *BD*, *DF* nur lang genug sind, das Wasser sehr bald die verlorne Geschwindigkeit wieder gewinnt, und überhaupt die Geschwindigkeit annimmt, welche der Abhangsquotient des Wasserspiegels gestattet.

202. Eine Verzögerung des Wassers im ganzen Stromrevier könnte daher nur alsdann statt finden, wenn der Flufs nicht allein Krümmungen in Krümmungen macht, sondern auch die Schenkel von einem Scheitel zum andern so lang sind, dafs das Wasser von einem Scheitel zum andern seine Geschwindigkeit durchaus nicht wieder vergröfsern kann. Eine Annahme, die in der Natur niemals stattfindet, in grofsen Flüssen oder Strömen aber deshalb niemals angetroffen werden kann, weil sich alsdann das Bett vertieft, wovon aber noch jetzt nicht die Rede ist, weil hier immer noch ein unvertiefbares Grundbett vorausgesetzt wird. Nimmt man aber doch bei gleichförmig fallendem Boden und gleicher Flufsbreite vom ersten bis zum letzten Bug einen stetig zunehmenden Verlust der in der Einflufsmündung stattgehabten Geschwindigkeit (*C*) an, so folgt aus dem unveränderlichen Moment der Profile (No. 17.), dafs nicht allein im letzten Bug das Wasser bis zu einer sehr bedeutenden Höhe gegen die Wasserhöhe im ersten Querschnitt anschwellen müsse, sondern dies würde auch in allen Krümmungen geschehen. Ja! es würde die unveränderliche Wassermenge, ohne über die Ufer zu laufen, nicht abfliefsen können, wenn eine grofse Anzahl solcher Krümmungen vorhanden wäre. Diese Darstellung wird durch die Erfahrung aufs vollkommenste bestätiget.

Herr Michellotti hat in in seinen hydraulischen Versuchen, übersetzt von Zimmermann, Berlin 1808, §. 101. und 102. acht Beobachtungen folgender Art angestellt.

In dem Thurm (*a*), Fig. 70., liefs man im October 1764 das Wasser nach und nach durch eine 1-, 2-, 3zöllige quadratförmige Ansatzöffnung des untersten Geschosses, unter einer beständigen Druckhöhe von 21,7986 Pariser Fufs, in den Wasserhälter (*b*) ausströmen, und seinen Weg durch den mit sechs rechtwinkligen Ecken angelegten gemauerten Kanal in den Wasserhälter (*c*) fortsetzen, und zwar von *b* nach *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *k*, *l* bis in *c*. Auf diese Art durchlief das Wasser den Kanal, welcher 1 Fufs breit, 252 Fufs lang und mit einem 14fufsigen Gefälle, ungleichförmig fallend, versehen war, und zwar bei nachstehender Gefällevertheilung.

Von	*b*	bis	*d*	33	Fufs,	das Gefälle von	2	Fufs
	b	—	*e*	33 + 52 = 85	—	—	12	—
	b	—	*f*	85 + 23 = 108	—	—	13,5	—
	b	—	*g*	108 + 18 = 126	—	—	13,5	—
	b	—	*h*	126 + 24 = 150	—	—	13,5	—
	b	—	*i*	150 + 33 = 183	—	—	14	—
	b	—	*k*	183 + 54 = 237	—	—	14	—
	b	—	*l*	237 + 15 = 252	—	—	14	—

Die Wasserhöhe wurde im Querschnitt mm beobachtet; alle Gröfsen im Pariser Zollmafs ausgedrückt.

Nach den Beobachtungen.					Nach der Voraussetzung, dafs der Kanal auf 252 Fufs ganz gerade, und ein gleichförmig fallendes Gefälle von 14 Fufs hatte.							*Anmerkung.*
No. der Beobachtungen.	Wassertiefe im Querschnitt mm Fig. 7o.	Umfang.	Flächeninhalt des Querschnitts.	Mittlere Geschwindigkeit nach der Beobachtung.	Wassermenge in der Secunde.	Wassertiefe am Anfang des Kanals.	Umfang.	Flächeninhalt.	Mittlere Geschwindigkeit.	Verhältnifszahl $\frac{V}{C}$	Verhältnifszahl $Z=\left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{6}}=\frac{1}{m}$	Dafs die Beobachtung. No. 642. und No. 646. für $\frac{V}{C}$ nur 0,262 und 0,24 geben, rührt daher, weil der Materien- oder Anziehungs-Widerstand auf die Bewegung des Wassers einen sehr wesentlichen Einfluss äufserte.
	h	p	q	V	M	h'	p'	q'	C	$\frac{V}{C}$	$Z=\left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{6}}=\frac{1}{m}$	
642	1,8324	15,664	21,99	12,37	272	0,48	13	5,76	47,22	0,262	0,79993	
643	3,75	19,5	45	24,75	1114	1,25	14,5	15	74,26	0,333	0,83263	
644	5,75	23,5	69	34,7	2394	2,18	16,4	26,16	91,51	0,3791	0,84710	
645	7,75	27,5	93	39,42	3666	2,975	17,93	35,7	102,69	0,3838	0,85248	
646	2	16	24	11,418	274	0,48	13	5,76	47,56	0,24	0,78832	
647	4	20	48	23,292	1118	1,255	14,51	15,06	74,236	0,3137	0,82430	
648	6,75	25,5	81	29,59	2396	2,18	16,4	26,16	91,59	0,3230	0,82834	
649	8,75	29,5	105	35,067	3682	2,985	17,97	35,82	102,79	0,3411	0,83588	

Unter der gemachten Voraussetzung, dafs die Schenkel des Kanals von einer Ecke zur andern so kurz sind, dafs das Wasser in jeder der sechs Ecken (oder rechten Winkel) einen endlichen und gleichen Theil an seiner ersten Geschwindigkeit $= C$, mit der es in den Kanal tritt, verliere, findet man das Verhältnifs der Geschwindigkeiten von der geraden zur winkligen Bahn, wie $1 : \frac{V}{C}$. Da nun der Kanal sechs Winkel $= n$ hat, so ist $Z = \left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{m}$. Oder: wenn das Wasser die erste Ecke passirt ist, so ist die Geschwindigkeit nur noch $= \frac{1}{m} C$; hat es aber alle sechs Ecken durchlaufen, so ist die Geschwindigkeit nur noch $= \left(\frac{1}{m}\right)^6 C$. Wäre die Voraussetzung ganz richtig, so müfste sowohl $\frac{V}{C}$ als $\frac{1}{m}$ eine unveränderliche Zahl geben, welches aber nicht ganz, sondern nur beinahe (mit Hinweglassung der Beobachtungen No. 642. und No. 646.) zutrifft. Dies war aber auch schon vorher einzusehen, weil der Boden des Kanals nicht gleichförmig fällt.

Sehr merkwürdig ist aber dennoch das Resultat dieser Beobachtungen, nämlich: dafs eine der allernachtheiligsten Krümmungen für den Abfluss des Wassers, C höchstens nur um $C(1 - 0{,}78) = 0{,}22\ C$ verzögern kann, und also bei unveränderlicher Breite die Wassertiefe sich so reguliren mufs, dafs die Wassermenge M in gleicher Zeit (wie durch die anderen Querschnitte, die diesen Krümmungswiderstand nicht erfahren) abfliefst.

Ferner findet man, dafs, wenn die Wassertiefe am Anfang des Kanals $= h'$ und am Ende $= h$ war, $h >$ und zwar zwei bis dreimal gröfser als h' ist.

Hierdurch wird nun nicht allein alles dasjenige bestätiget, was bereits über den Einfluss, den die Stromkrümmungen auf die Bewegung des Wassers haben, vorgetragen ist; sondern es mufs auch nach dieser Darstellung der Wasserspiegel am concaven Ufer (S. Fig. 68. und Fig. 69.) die stets gekrümmte Linie *DEFGHIKLM* machen. Die Beobachtungen No. 1. 2. 3. und No. 251. bis No. 400. geben ebenfalls hierüber befriedigende Auskunft.

203. Unsere Flüsse und Ströme fliefsen aber in Erde, Sand, Kies und Steinen, die dem Stofs und Druck des Wassers einen ungleichen Widerstand entgegensetzen. Der Boden ist also in den Krümmungen nicht stetig geneigt, sondern besteht aus Erhebungen und Vertiefungen.

Die Vertiefungen im Bett werden jedesmal und unter allen Umständen da gefunden, wo das Wasser wieder eine neue Geschwindigkeit gewinnt, und diese Stelle ist stets entweder gleich oberhalb, oder in, oder gleich unterhalb des Scheitels irgend einer Krümmung. Denn mit Vermehrung der Geshwindigkeit ist eine vermehrte abnagende Kraft und eine Vergröfserung des Austiefungsvermögens, nämlich durch die Wirbel und Widerströme, verbunden.

204. Die Vertiefung des Betts geschieht aber allemal am concaven Ufer, und zwar, wie schon (No. 194.) bewiesen ist, deshalb, weil die Wassertheilchen daselbst den geringsten Verlust an Geschwindigkeit, in Rücksicht der Ablenkung der Wassertheilchen von der geraden Bahn, erfahren, und weil der Stofs des Wassers auf das concave Ufer Wirbel und Widerströme erzeugt.

Je kleiner nun die Krümmungshalbmesser sind, womit das concave und convexe Ufer verzeichnet werden kann, desto mehr wird sich die Gestalt des Querschnitts einem rechtwinkligen Dreieck, Fig. 66., nähern, wo *ac* den Wasserspiegel, *ad* die Wassertiefe am concaven Ufer und *dc* den Grundbett bezeichnet. Aus diesem Vortrag folgt nun ganz allgemein:

205. In Stromkrümmungen ist die Tiefe am concaven Ufer gröfser als am convexen, und wenn die Breiten gleich sind, ist sie oberhalb der Krümmung bis zum Bug gröfser als vom Bug bis zur Ausmündung, oder von da bis zu einem gewissen Punkt zwischen den Scheiteln zweier Stromkrümmungen. Im Bug ist allemal die Wassertiefe am gröfsten.

206. Die Querprofile sind oberhalb der Krümmung bis zum Bug ganz anders gestaltet als vom Bug bis zur Ausmündung, oder bis zu einem gewissen Punkt zwischen den Scheiteln zweier Krümmungen; indem sich im erstern die gröfste Tiefe am concaven Ufer, beim letzteren öfters mehr in der Mitte befindet.

207. Die Flächeninhalte der Querschnitte können in Stromkrümmungen nie gleich seyn, und sind es auch unter keinen Umständen, weil die Pressungen ungleich sind; weshalb auch ganz besonders in Fluss- und Stromkrümmungen die aller irregulärsten Querschnitte angetroffen werden. Oberhalb des Bugs sind die Querschnitte gröfser als unterhalb, gleiche Breiten vorausgesetzt.

208. Das Gefälle des Wasserspiegels kann in Stromkrümmungen der Länge nach so wenig eine geneigte Ebene als eine einzige Curve bilden, weil der Wasserspiegel sich vom Eingang der Krümmung bis zum Bug erhebt, und vom Bug bis zur Ausflufsmündung sinkt.

Das Gefälle des Wasserspiegels ist überdem oberhalb des Bugs am concaven Ufer kleiner als am convexen; auch ist gewöhnlich im Bug einer Krümmung das Wasser am concaven Ufer über dem Wasser am convexen Ufer erhaben, weshalb der Strom der Quere nach in solchem Querschnitt eine convexe Curve erzeugt, oder doch wenigstens keine Horizontalebene bildet.

209. Die Geschwindigkeit des Wassers ist am concaven Ufer gröfser als am convexen, und oberhalb des Bugs kleiner als vom Bug bis zur Ausflufsmündung. Eine gleichförmige Geschwindigkeit in der ganzen Stromkrümmung kann niemals stattfinden, und wird auch überall nicht angetroffen, sondern dies kann nur stellenweise geschehen; wovon die Beobachtungen No. 251. bis No. 400., Fig. 1., den überzeugendsten Beweis liefern, indem daselbst kaum von 300 zu 300 Fufs eine gleichförmige Bewegung des Wassers angetroffen wird. Sind die Schenkel der Krümmungen lang, so giebt es beim mittleren und bordvollen Wasserstande viele Stromreviere, wo auf 50, 100 und mehrere Ruthen ein gleichförmigeres Gefälle und eine gleichförmigere Geschwindigkeit als wie beim niedrigen Wasserstande angetroffen wird.

210. Das Wasser gewinnt jedesmal diejenige Geschwindigkeit, welche es dadurch verloren hat, dafs es den Bug irgend einer Stromkrümmung durchläuft, wieder, wofern der Schenkel zwischen zwei Bugen nur lang genug ist.

Verlöre die Geschwindigkeit in jedem Bug des Flufsbezirks, der Krümmungen in Krümmungen macht, einen endlichen Theil seiner Geschwindigkeit, und würde selbige nicht eher wieder hergestellt, als bis das Wasser alle Krümmungen durchlaufen hätte; so müfste die Geschwindigkeit nach und nach abnehmen. Dies ist aber nicht naturgemäfs, und wird auch nicht durch die Beobachtungen No. 251. bis No. 400. bestätiget. Im Gegentheil, man findet z. B. Beobachtung No. 376. noch eine mittlere Geschwindigkeit von 2,3416 Fufs, obgleich das Wasser bereits neun Krümmungen durchlaufen hatte, ehe es bis dahin gelangte. Aber noch einleuchtender wird meine Behauptung durch folgende Darstellung.

Die ganze Länge aller zwölf Krümmungen, Fig. 1., beträgt 45000 Fufs, diese denken wir uns als eine ganz gerade Bahn. Würden die zwölf Krümmungen mit einer geraden Linie abgeschnitten, so würde die Länge nur 16296 Fufs bleiben. Für beide Fälle ist und bleibt das Gefälle $= 5{,}3695$ Fufs. Die Breite der Saale sei nun $B = 220$ Fufs, und die Wassermenge $M = 1590$ Kubikfufs, so ergiebt sich,

für die gerade Bahn von 45000 Fufs Länge, $B = 220$, $H = 3{,}75$, $P = 227{,}5$, $Q = 825$ □fufs, $L = 45000$, $F = 5{,}3695$, $V = 1{,}9272$ und $\lambda = 8230$;

für die gerade Bahn von 16296 Fufs Länge, $B = 220$, $H = 2{,}7$, $P = 225$, $Q = 594$ □fufs, $L = 16296$, $F = 5{,}3695$, $V = 2{,}6768$, $\lambda = 3034$.

Vergleichen wir nun die Resultate der vorstehenden Berechnung mit den wirklichen Abmessungen, so ergiebt sich,

für die gerade Bahn von 45000 Fufs Länge, dafs in 24 Querschnitten die Geschwindigkeit gröfser als 1,9272 Fufs ist;

für die gerade Bahn von 16296 Fuſs Länge finden sich 4 Querschnitte, deren Geschwindigkeit gröſser als 2,6768 Fuſs ist:

wobei nicht vergessen werden darf, daſs man B nur = 200 Fuſs angenommen hat.

Die Hauptursache der Verzögerung des Wassers in einer Stromkrümmung ist und bleibt daher der längere Weg, den das Wasser gegen die kürzeste Bahn, zwischen dem Anfangs- und Endpunkt bei gleichem Gefälle, machen muſs.

Z u s a t z.

Bestände das Grundbett der Saale in dem gemessenen und nivellirten Tractus, Fig. 1., aus einer gleichförmig fallenden geraden Linie, so würde das Gefälle des Wasserspiegels so vertheilt seyn, wie es die berechneten Ordinaten angeben. Daher sind die Unterschiede der wahren und berechneten Ordinaten die Stauhöhen, welche durch die Fluſskrümmungen erzeugt werden.

820. *Beobachtung.* (In der Saale angestellt, S. Fig. 1.)	Abscissen. Fuſs.	Ordinaten		Parameter = 0,0006425
		Nach der Erfahrung.	Nach der Berechnung.	
	5000	0,2865	1,792	
	10000	0,4350	2,535	
	15000	0,5335	3,1044	
	20000	1,0855	3,5840	
	25000	2,3725	4,0078	
	30000	3,7030	4,3904	
	35000	4,5050	4,7420	
	40000	5,0625	5,0695	
	45000	5,3770	5,3770	

In ähnlicher Art würde sich das Gefälle der Yſsel verhalten, wenn dieselbe rectificirt werden könnte. Man sehe deshalb Verzameling van hydrographische en topographische Waarnemingen in Holland door den Oud-Minister van Oorlog C. R. T. Krayenhoff. Te Amsterdam 1813, S. 176.

821. *Beobachtung.*	Abscissen. Fuſs.	Ordinaten.		Parameter = 0,0026649.
		Nach der Erfahrung.	Nach der Berechnung.	
Von Westerfort bis Doesburg	70940	8,83330	15,668	
Von Doesburg bis Zutphen	150720	17,06596	20,044	
Von Zutphen bis Deventer	204420	22,06936	23,340	
Von Deventer bis Katerveer	315688	28,96699	28,966	

Man begreift leicht, dafs sich durch ähnliche Betrachtungen der Effect mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit im Voraus bestimmen läfst, den Durchstiche verursachen, und welchen Einfluſs sie auf die Senkung des Wasserspiegels haben.

211. Hieraus ist nun ersichtlich, dafs die Bewegung des Wassers in allen Fällen, wo der Wasserspiegel aus vielen krummen Linien bestehet; wo die Pressungen ungleich sind, und keine Gleichheit und Aehnlichkeit der Querschnitte stattfindet; also, wo die Eigenschaften und Erscheinungen angetroffen werden, die den Fluſs- und Stromkrümmungen ganz besonders zukommen, sich in keiner Art mit der Bewegung des Wassers in gekrümmten Röhren vergleichen läfst. Denn wenn das Wasser in einer Röhrenleitung fliefst, sie mag gerade oder krumm, von veränderlicher oder unveränderlicher Weite seyn, so füllt es jedesmal die ganze Röhre aus. Die Querschnitte sind daher entweder ganz gleich, oder doch wenigstens ähnlich, die Druckhöhen unveränderlich, und ein gröfserer oder geringerer Theil derselben wird zur Ueberwindung des Widerstandes in den Krümmungen verwandt. Bei offenen Kanälen und Strombetten ist dies aber ganz anders. Bei jeder Querschnittsveränderung ändert sich das Gefälle, also der Abhangsquotient und die Factoren des unveränderlichen Moments der Profile (No. 17.), indem das Wasser unter diesen Verhältnissen die Freiheit hat, den Ortsumständen gemäfs, Breite, Tiefe, Gefälle, also auch die Geschwindigkeit zu verändern.

In der Verringerung des Gefälles, die den Ortsumständen gemäfs ist, wird daher der Krümmungswiderstand mit befafst, selbiger kömmt also nicht als Element in der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit irgend eines Querschnitts, der sich in einer Stromkrümmung befindet, vor, weil das Gefälle jedesmal bekannt seyn mufs.

212. Aufserdem ist noch ein Umstand in Betracht zu ziehen; nämlich: wenn ein Fluſs viele Sinkstoffe führt, so lagert er dieselben stets unterhalb des Bugs in einer Stromkrümmung, z. B. in *C*, Fig. 67. Die Anhäufung der Sinkstoffe kann so gröfs werden, dafs bei kleinen Wasserständen eine solche Sand- oder Kiesbank wie ein Wehr wirkt, und in zwei, drei und mehreren oberhalb belegenen Krümmungen das Wasser aufstaut (S. Beobachtungen No. 270. bis No. 311.). Unter solchen Umständen kömmt der Krümmungswiderstand in gar keinen Betracht, weil die gröfsere oder geringere Verträgung des Wassers oberhalb belegener Profile von diesem Querschnitt abhängt. Denn in den Beobachtungen No. 251. bis No. 400. kommen 27 Querschnitte vor, deren Flächeninhalt kleiner als 825 □fufs ist (S. No. 210.), folglich wird das Wasser oberhalb derselbn aufgestauet, und fliefst mit beschleunigter Bewegung ab.

213. Denkt man sich das gekrümmte Stromrevier Fig. 67. als einen geraden Schlauch, so könnte man fragen:

Um wieviel mufs sich die Geschwindigkeit des Wassers in den Bugen bei *B*, *D*, *E*, *F* und *H*, im Verhältnifs gegen die gerade Bahn, verringern, wenn die Krümmungen aus Viertelkreisen, Halbkreisen, oder aus Kreissegmenten u. s. w. bestehen?

Oder: Um wieviel wird die Geschwindigkeit *C*, welche in der ersten Einflufsmündung vorhanden war, in jedem Bug einer Krümmung verringert?

Ferner:

Ferner: in welchem Verhältnifs stehen das Gefälle des Wasserspiegels und die übrigen Abmessungen eines Betts gegen diejenigen der geraden Bahn, ebenfalls mit Rücksicht auf jede beliebig gestaltete Krümmung?

Die Beantwortung dieser Fragen könnte in der Ausübung von Nutzen seyn, und eine ganz allgemeine Theorie von der Bewegung des Wassers in Strombetten müfste dieselbe auch sicher und vollständig im Voraus bestimmen können. Aber bei Lösung dieser Aufgaben kommen mehrere örtliche Umstände in Betracht, wenn sie der Praktik nützlich werden sollen: z. B. gröfsere oder geringere Vertiefung des Grundbetts, der gröfsere oder geringere Wasserstand des Stroms, die Gestalt der Curve des Wasserspiegels, die Länge der Schenkel von einem Bug zum andern, u. s. w.; und diese Erscheinungen sind es eben, die der Beantwortung der Fragen grofse Hindernisse entgegensetzen. Denn angenommen, das Grundbett ist nicht vertiefbar und die Krümmung sehr bedeutend, so mufs (nach No. 202.) eine Erhebung des Wasserspiegels entstehen, u. s. w.

214. Aus meinem bisherigen Vortrage (die Erscheinungen betreffend, die bei Bewegung des Wassers in Strombetten zu berücksichtigen sind) überzeugt man sich nun sehr leicht, dafs dasjenige Verfahren, welches Herr Krayenhoff angewandt hat, um die Pronysche Formel für die gleichförmige Bewegung beim freien Abfluls des Wassers mit seinen hydrometrischen Messungen (S. Beobachtung No. 116. bis No. 122.) zu vergleichen, nicht gestattet werden kann. Die Gründe, warum die Rechnungsresultate mit den Erfahrungsgeschwindigkeiten und den Wassermengen eine so geringe Uebereinstimmung geben, sind darin zu suchen:

a) dafs Herr Krayenhoff annimmt, aber es nicht beweiset, dafs das Wasser gleichförmig und frei abfloss;

b) dafs es durchaus nicht gestattet ist, das Gefälle, welches irgend einem Querschnitt zugehört, worin die mittlere Geschwindigkeit gesucht werden soll, willkührlich anzunehmen; sondern dafs dies von der Curve des Wasserspiegels abhängt, worin der Querschnitt fällt. [Denn dafs die Pressungen des Rheins bei Emmerich keinen Einfluss auf die Pressungen des Wassers bei Pannerden und Hulhuizen hatten, ist aufser allem Zweifel.]

c) Gehet aus dem nivellitischen Messungen, welche Herr Krayenhoff im Jahr 1797 von dem Wasserspiegel des Rheins, der Waal u. s. w. veranstaltet hat, hervor, dafs der Wasserspiegel weder aus einer gleichförmig fallenden Linie, noch aus einer einzigen Curve bestand, sondern dafs er aus mehreren Curven zusammengesetzt ist, deren Axe bald unter bald über den Wasserspiegel fällt; was auch sehr leicht zu beweisen ist, weil zwischen Emmerich und Pannerden mehrere Krümmungen angetroffen werden; und daraus läfst sich wieder schliefsen, dafs das Wasser nicht überall gleichförmig und frei abfliefsen konnte, weil sonst der Wasserspiegel eine gleichförmig fallende Linie hätte bilden müssen.

Die Rechnungsresultate der sämmtlichen Beobachtungen No. 116. bis No. 138. sind daher nur Mittelwerthe, die deshalb keine Berücksichtigung verdienen, oder doch nur in dieser Beziehung beurtheilt werden müssen, weil die zum Grunde gelegten Abmessungen nicht genau genug sind.

Diese Aeufserungen über die sonst so vortrefflichen Beobachtungen des Herrn Krayenhoff konnte ich nicht eher machen, bis ich den Einfluss gezeigt hatte, den Krümmungen auf die Gestalt des Wasserspiegels haben. — Sie sind um so nöthiger und verzeihlicher, weil Anfänger sonst verleitet werden könnten, in ähnlicher Art zu verfahren.

Dritter Abschnitt.

Vom Ausfluſs des Wassers durch Abfluſsöffnungen verschiedener Art; und vom Abfluſs und Aufstau bei Wehren, Ueberfällen u. s. w. in Flüssen und Strömen.

215. Um über die Bewegung und den Aufstau des Wassers in Strom- und Fluſsbetten gehörig urtheilen zu können, ist es erforderlich, daſs ich mehrere Sätze aus der Hydraulik zur Hülfe nehme. Diese werde ich der Ordnung nach in möglichster Kürze vortragen, damit man die Gründe übersehe, auf welchen besonders meine Darstellung beruhet,

unter allen Umständen die richtige Wassermenge in irgend einem Querschnitt des Stroms bestimmen zu können.

XIX.

Von der Bewegung des Wassers beim Ausfluſs aus Behältern, und von der Zusammenziehung des Wasserstrahls.

216. Aus den ersten Gründen der Hydraulik ist bekannt, daſs wenn Wasser aus einer in einem Gefäſs angebrachten kleinen kreisrunden Plattenöffnung ausströmt, dies mit der Geschwindigkeit geschehen müsse, welche das Wasser erlangen würde, wenn es frei durch die Höhe herabfiele, die dem Wasserstande über dem Mittelpunkt der Oeffnung gleich wäre. [Denn ist die ganze herabfallende Wassersäule bis an die Oberfläche zum Fluſs gekommen, so fallen die Theilchen im Wasser eben so herab als im Freien, ohne die mindeste Reibung und ohne den geringsten Aufenthalt; wodurch von neuem der gänzliche Mangel an Reibung, welchen ein Wassertheilchen auf und an dem andern leidet, bewiesen werden kann.]

Bezeichnet man die Höhe über dem Mittelpunkt der Oeffnung mit h; ist die Geschwindigkeit, womit das Wasser ausströmt $= C$; die freie Fallhöhe in der ersten Secunde $= g$; die Wassermenge, welche in der Secunde ausfliefst, $= M$: so müfste seyn $C^2 = 4gh$, also $C = 2\sqrt{gh}$, und daher $M = 2q\sqrt{gh}$, wenn q den Flächeninhalt des Querschnitts in der Abfluſsöffnung bedeutet.

217. Mit dieser hypothetischen Geschwindigkeit und Wassermenge stimmt aber die Erfahrung keineswegs überein, indem beim Ausfluſs des Wassers mehrfache störende Einwirkungen eintreten, die zum Theil von der Gestalt der Ausfluſsmündung, von der Gestalt des Wasserstrahls, vom Quer-

schnitt des Gefäfses und anderen Umständen abhangen; so, dafs die Geschwindigkeit des durchfliefsenden Wassers wegen der Contraction, oder wegen der Zusammenziehung des Wasserstrahls, um einen bestimmten Theil vermindert wird.

Die Wassermenge wird nur $M = \mu q \sqrt{4gh} = \mu q g \sqrt{h}$ gefunden, wo $\sqrt{4g} = g$ und μ den Contractionscoefficienten bedeutet.

218. Zur näheren Bestimmung des Contractionscoefficienten wird es in der Ausübung hinlänglich seyn, sich derjenigen Tafel zu bedienen, welche der Herr Oberlandes-Baudirector Eytelwein in seinem Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, Berlin 1801, S. 129. mitgetheilt hat.

I.	Freier Fall der Körper für Rheinl. Maafs	$\sqrt{4g} = \mu g = 1 \cdot 7{,}91$
II.	Mündung von der Gestalt des zusammengezogenen Strahls .	$\mu g = 0{,}9666 \cdot 7{,}91 = 7{,}646$
III.	Breite Gerinne, Freischleusen mit Flügelwänden, schräge Einbaue, spitze Brückenpfeiler	$\mu g = 0{,}9532 \cdot 7{,}91 = 7{,}540$
IV.	Schmale Gerinne, Schützöffnungen mit Flügelwänden, steile Einbaue, gerade Brückenpfeiler	$\mu g = 0{,}8546 \cdot 7{,}91 = 6{,}76$
V.	Kurze Ansatzröhren	$\mu g = 0{,}8166 \cdot 7{,}91 = 6{,}42$
VI.	Schützöffnungen ohne Flügelwände	$\mu g = 0{,}6321 \cdot 7{,}91 = 5$
VII.	Oeffnungen in dünnen Wänden	$\mu g = 0{,}6182 \cdot 7{,}91 = 4{,}89$

XX.

Vom Ausflufs durch oben offene rechtwinklige Oeffnungen in den Seitenwänden eines Behälters.

219. Ist bei Seitenöffnungen die Höhe desselben so grofs, dafs beim Abflufs des Wassers die verschiedenen Geschwindigkeiten sehr von einander abweichen; so mufs darauf Rücksicht genommen werden. Es sei ein Behälter QR, Fig. 71., mit Wasser bis AC angefüllt, und es fliefse fortwährend so viel Wasser zu, dafs die Höhe BA desselben unverändert bleibt, und als stillstehend angesehen werden kann; so kann man sich zuerst in der Vertikallinie AB, welche sich in der verticalen Wand QR befindet, mehrere kleine Oeffnungen g, G, p, P u. s. w. übereinander denken, und für jede derselben die dazu gehörige Geschwindigkeit des Wassers bestimmen.

Es sei $AP = x$, die Geschwindigkeit in $P = y$, so ist $y = \mu g \sqrt{x}$. Die Breite DB des ausfliefsenden Wassers sei $= b$, so ist, wenn m die in jeder Secunde in der Tiefe x abfliefsende Wassermenge bezeichnet, $dm = b\mu g x^{\frac{1}{2}} dx$, also $m = \frac{2}{3} b \mu g x^{\frac{3}{2}} + C$. Für $x = 0$ ist aber auch $m = 0$, also $C = 0$. Setzt man $x = h$, und die der ganzen Oeffnung zugehörige Wassermenge $= M$; so ist $M = \frac{2}{3} \mu g b h \sqrt{h}$.

220. Die mittlere Geschwindigkeit in der Abflufsöffnung $C = \frac{2}{3} \mu g \sqrt{h}$.

Anmerk. [Wenn es gleich seine Richtigkeit hat, dafs die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Ausflufsöffnung $C = \frac{2}{3} \mu \sqrt{4g} \sqrt{h}$ ist; so kann man doch nicht behaupten, dafs in der Ausflufsöffnung die

gröfste Geschwindigkeit irgend eines Wasserfadens in der Oberfläche des Wasserspiegels $= E = \frac{1}{2}V4gVh$, oder gar $= V4gh$ wäre, und dafs sich $E : C = 1 : \mu$ verhalte.

Ich merke dies blos deshalb ganz besonders an, um nicht mifsverstanden zu werden, wenn ich im Beispiel No. 81. Zusatz annehme, dafs sich $C : V = 1 : 0{,}82$ verhalte. Dieses Beispiel sollte nur blofs dazu dienen, um zu zeigen, wie die mittlere Geschwindigkeit des Wassers am Boden $= S$ gefunden werden kann, wenn E und C (oder wie da gesagt ist) C und V bekannt sind. A priori läfst sich das Verhältnifs C zu V, oder E zu C nicht angeben.]

221. Die, dieser Geschwindigkeit zugehörige Höhe $= \frac{1}{2}\mu h$.

222. Der Wasserstand $h = \sqrt[3]{\left(\frac{9M^2}{4\mu^2 g^2 b^2}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{9M^2}{16 . \mu^2 . g b^2}\right)}$.

223. Die Breite der Abflufsöffnung $b = \frac{3M}{2\mu g h V h}$.

Immer vorausgesetzt, dafs diesem Abflufs keine Hindernisse im Wege stehen.

224. Einen vollkommenen Ueberfall nennt man denjenigen, wo der Wasserspiegel des Unterwassers niedriger, als die Oberfläche der Ueberlafsschwelle liegt.

Bewegt sich also das Wasser oberhalb des vollkommenen Ueberfalls DC, Fig. 72., schon mit einer gewissen Geschwindigkeit, und ist im Querschnitt FG die mittlere Geschwindigkeit $= V$; so ist die Wassermenge in demselben, wenn die Wassertiefe $FG = \mathfrak{H}$ und die Breite $= B$ bedeutet, $M = B\mathfrak{H}V$. Ist ferner die Höhe, welche der mittleren Geschwindigkeit V im Querschnitt FG zugehört, $= N = \frac{M^2}{4gB^2\mathfrak{H}^2} = \frac{V^2}{4g}$, und das Wasser im Beharrungszustande; so verhält sich $B\mathfrak{H} : bh = \frac{1}{2}\mu g V(h+N) : V$, also $B\mathfrak{H}V = \frac{1}{2}\mu g b h V(h+N)$. Nun ist aber $B\mathfrak{H}V = M$, daher $M = \frac{1}{2}\mu g b h V(h+N)$.

225. Die mittlere Geschwindigkeit in der Abflufsöffnung ist alsdann $C = \frac{1}{2}\mu g V(h+N)$.

226. $h^3 + Nh^2 - \frac{9M^2}{16\mu^2 g b^2} = 0$.

227. Bei dem Erguls des Wassers über vollkommene Ueberfallswehre kommt auch noh in Betracht, von welchem Geschlecht die Linie FBH, Fig. 72., und wie grofs die Senkung AB sei?

Die Erfahrung lehrt, dafs diese Curve mit der Parabel unter der Voraussetzung zusammenfällt, wenn die Neigung des Wasserspiegels gegen die Länge des flielsenden Gewässers unbedeutend ist; dies werde ich No. 260. bis No. 270. durch höchst interessante Beobachtungen beweisen.

228. Unter allen gedenkbaren Umständen flielst das Wasser über einen vollkommenen Ueberfall nicht mit der (No. 225.) gefundenen mittleren Geschwindigkeit $C = \frac{1}{2}\mu g V(h+N)$ ab; es giebt Fälle in der Ausübung, wo diese Geschwindigkeit viel geringer ist. Bezeichnet AB, Fig. 73., den Stromstrich in einem Flufs, der eine grofse Geschwindigkeit, z. B. 10 Fufs in der Sekunde, hat, und CD den Stromstrich eines Seitenkanals, dessen Wasser nur die Geschwindigkeit von 1,5 Fufs hat, und sich über das vollkommene Wehr EF ergiefst, dessen Ueberlafsschwelle höher als das

Grundbett des Flusses AB liegt: so ist, wenn h die Höhe des Wasserstandes auf dem Fachbaum EF vorstellet, weder $M = \frac{2}{3}\mu g b h \sqrt{(h + N)}$ noch $C = \frac{2}{3}\mu g \sqrt{(h + N)}$, sondern beide Werthe viel geringer.

Der Grund dieser Erscheinung liegt in der Seitenbewegung, die das Wasser zu machen gezwungen ist, und worüber man meines Wissens bis jetzt noch gar keine Untersuchungen (das Wenige ausgenommen, was Venturi davon sagt) aufzuweisen hat. Für die Ausübung ist diese Untersuchung von ungemein grofser Wichtigkeit, und zwar ganz besonders bei Deichüberläfsen, und überhaupt bei allen Seitenüberläfsen u. s. w. Irre ich nicht, so hängt diese Untersuchung von der Auflösung nachstehender Aufgabe ab.

Wie grofs mufs der Winkel mle, Fig. 74, $= \alpha$, den das Gerinne le mit der Horizontallinie lm macht; und wie grofs mufs die Wasserhöhe ec seyn, damit durch die Seitenöffnung $higf$ (die in der Wand des Gerinnes angebracht ist) gar kein Wasser abfliefst?

Oder: Wie grofs mufs der Winkel α und die Wasserhöhe ec seyn, damit eben so viel Wasser durch den Seitenquerschnitt $higf$ abfliefst, als im letzten Querschnitt kl des Gerinnes, wenn die Flächeninhalte beider Abflufsöffnungen gleich grofs sind?

Ich bin auf diese Erscheinung dadurch geleitet worden, dafs ich die Wassermenge, welche über den vollkommenen Ueberfall A, Fig. 75., flofs, durch hydrometrische Messungen gerade zu einer Zeit bestimmte, da der gröfste Theil des Wassers, welches der Flufs CD führte, durch die Freischleuse B strömte, dessen Fachbaum 5 Fufs niedriger als der Fachbaum des Wehrs A lag. Die mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge bei A war sehr viel geringer, als nach oben stehenden allgemeinen Ausdrücken gefunden werden sollte, obgleich $h = 1{,}465$ Fufs betrug.

Besondere Betrachtungen und nähere Untersuchungen über den Ausflufs des in einem Kanal fortfliefsenden Wassers durch eine an der Seite angebrachte Oeffnung mit und ohne Abzugskanal, sind daher höchst wünschenswerth. Denn wenn gleich der Seitendruck des in einem Kanal fliefsenden Wassers an die Wand bei einer bestimmten Höhe des Wasserstandes der nämliche ist, als wenn das Wasser in eben der Höhe ruhig stände: so erfolgt dennoch, sobald man ein Stück aus der Wand wegnimmt, der freie Ausflufs nicht eben so, wie aus einem eben so hoch voll erhaltenen, verschlossenen Behältnifs, worin man an der Seite eine lothrecht herabgehende Oeffnung anbringt; weil die Geschwindigkeit, welche das Wasser längs dem Kanal schon hat, dabei eine merkliche Aenderung macht, so dafs aus dieser Ursache, bei übrigens gleichen Umständen, die Pressungen der Querschnitte im Kanal der Seitenöffnung desto weniger Wasser zutreiben, je gröfser die Geschwindigkeit des Wassers im Kanal ist. Und eben diese Zerlegung und Bestimmung der Geschwindigkeit macht die Aufgabe schwierig.

XXI.

Vom Ausfluſs aus Behältern mit Seitenöffnungen von beträchtlicher Gröſse bei unveränderter Druckhöhe.

229. Befindet sich in der verticalen Seitenwand QR, Fig. 71., eines Behälters eine rechtwinklige Oeffnung mit wagrechter Grundlinie, und man bezeichnet den Wasserstand durch $AB = h$, die Höhe der Oeffnung durch $BE = e$, die Breite der Oeffnung durch $EF = b$; so ist die Höhe des Druckwassers $= h - e = AE$, die einem Wassertheilchen, in der unbestimmten Höhe $BG = x$ über der Grundlinie der rechtwinkligen Oeffnung, zugehörige Geschwindigkeit $= C = \mu g \sqrt{(h-x)}$, und die durch ein wagerechtes Element der rechtwinkligen Oeffnung $b\,dx$ in einer Secunde durchfliefsende Wassermenge $dM = b\,dx\,\mu g \sqrt{(h-x)}$. Die Integration giebt $M = \frac{2}{3}\mu g b[h\sqrt{h} - (h-e)\sqrt{(h-e)}]$.

230. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Schützöffnung ist

$$C = \frac{\frac{2}{3}\mu g b[h\sqrt{h} - (h-e)\sqrt{(h-e)}]}{be}.$$

231. Die Höhe der Oeffnung $e = h - \sqrt[3]{\left(h\sqrt{h} - \frac{M}{\frac{2}{3}\mu g b}\right)^2}$.

232. Hat das Wasser schon eine gewisse Geschwindigkeit (V), mit der es an der Schützöffnung anlangt; so findet man aus eben den Gründen wie No. 224.

$$M = \tfrac{2}{3}\mu g b[h\sqrt{[h+N)} - (h-e)\sqrt{((h+N)-e)}].$$

243. Setzt man voraus, dafs die der mittleren Geschwindigkeit zugehörige Höhe so grofs ist, als die der lothrechten Entfernung des Schwerpunkts der Oeffnung von dem Wasserspiegel, so ist

$$N = \mu g b e \sqrt{(h - \tfrac{1}{2}e)}.$$

234. Der Wasserstand $h = \frac{M^2}{\mu^2 g^2 b^2 e^2} + \frac{1}{2}e$.

235. Die Breite der Abflufsöffnung $b = \frac{M}{\mu g e \sqrt{(h - \frac{1}{2}e)}}$.

236. Nach Beobachtungen mehrerer Hydrauliker ist es höchst wahrscheinlich, dafs der Contractionscoefficient (μ) für einerlei Art von Ausflufsöffnungen, z. B. bei Versuchen mit kreisförmigen Oeffnungen in dünnen Wänden, von der Druckhöhe, dem Umfang und dem Querschnitt der Ausflufsöffnung abhängt; so, dafs unter übrigens gleichen Umständen (μ) desto gröfser wird, wenn der Querschnitt der Oeffnung wächst, und ihr Umfang nebst der Druckhöhe abnehmen.

Die Beobachtungen, welche Herr Lespinasse im Kanal zu Languedoc in dem Oberthor einer durchaus wasserdichten Schleuse angestellt hat, indem das Thorschütz unter verschiedenen Oeffnungen und Druckhöhen gezogen wurde, gaben aber für diese vorangeführten Erscheinungen ganz entgegengesetzte Resultate. Die Akademie zu Toulouse hat selbige in ihre Sammlungen für das Jahr 1784 aufgenommen, und es ist merkwürdig, dafs nachstehende empirische Formel

$$M = \mu g (bf)^{0,525}\sqrt{h} = 0{,}863 \,.\, 7{,}7672 (bf)^{0,525}\sqrt{h} = 6{,}7034 (bf)^{0,525}\sqrt{h}$$

(wenn alle Gröſsen im Pariser Fuſsmaſs ausgedrückt werden, und bf den Querschnitt der Abflufsöffnung, h die Druckhöhe bezeichnet) mit den Versuchen genau übereinstimmt. Dem Herren Regierungs- und Wasserbaurath Bauer in Düsseldorff verdanke ich diese Mittheilung.

No. der Beobachtungen.	h	M	μ	bf	Nach der Formel $M = 6{,}7034(bf)\sqrt{h}$.
650	4,17013	63,19963	0,744229	5,774064	58,462
651	6,22222	76,51072	0,641024	6,156828	75,314
652	6,27083	133,06213	0,519531	12,441743	135,360
653	5,86111	72,86736	0,629024	6,156828	73,092
654	5,89236	130,23110	0,554842	12,441743	131,222
655	13,65625	120,01041	0,612885	6,817997	121,422
656	12,08333	98,57127	0,640857	5,693479	98,365
657	12,67361	62,02776	0,706745	3,172164	62,067
658	12,88194	33,65833	0,803043	1,502604	33,708

237. Eine Abweichung anderer Art findet in nachstehenden Versuchen statt, welche der Französische Generalinspektor Herr Hageau im Jahr 1805, des Monats October und November, im Kanal, welcher den Doub mit der Saône verbindet, (wie es scheint) mit ganz ungemein groſser Sorgfalt angestellt hat.

Die Mittheilung verdanke ich ebenfalls Herrn Bauer.

Man weifs nämlich (aus No. 218.), dafs für Oeffnungen in dünnen Wänden ohne Gerinne der Contractionscoefficient $\mu = 0{,}61821$ gefunden wird. Herr Hageau findet aber denselben in nachstehenden Beobachtungen noch merklich geringer, obgleich das Gerinne, welches mit der Ausflufsöffnung in Verbindung stand, 18 Zoll lang war; wo also eigentlich (nach No. 218.) $\mu = 0{,}8545$ hätte gefunden werden sollen.

Seine Vorrichtung war folgende: — auf das Oberthor der Schleuse Belvoye (die wir aus den Beobachtungen No. 794. bis No. 799. und aus Fig. 86. werden näher kennen lernen) war eine Schützvorrichtung von dünnen Brettern, 24 Zoll breit und 12 Zoll hoch, angebracht, worin 1, 2, 3 und 4 Unterabtheilungen des Gerinnes hervorgebracht werden konnten, die zusammen jedesmal 24 Zoll breit waren. Das Wasser flufs unter verschiedenen Schützöffnungen und Druckhöhen durch ein 24 Zoll breites und 18 Zoll langes Gerinne in die Schleuse; diese war aber völlig wasserdicht und der kubische Raum bekannt, woraus also die in einer Secunde abgeflossene Wassermenge ungemein genau bestimmt werden konnte (wenn übrigens alle die gemachten Voraussetzungen ihre Richtigkeit hatten). Alle Gröfsen sind in Pariser Zollmafs ausgedrückt; und da $g = 26{,}907$, $b = 24$, und $N = \frac{V^2}{4g} = 0$; so findet man den Contractionscoefficienten

$$\mu = \frac{M}{\frac{2}{3}gb[h\sqrt{h} - (h-e)\sqrt{(h-e)}]} = \frac{M}{430{,}51[h\sqrt{h} - (h-e)\sqrt{(h-e)}]}$$

Für den Fall, dafs $h = e$ ist, findet man $\mu = \frac{M}{\frac{2}{3}gbh\sqrt{h}}$

No. der Versuche.	Anzahl der Gerinne.	Höhe der Schützöffnung = e.	Druckhöhe = h.	Breite aller Schützöffnungen = b.	Wassermenge in der Secunde = M.	Verhältniss der hypothetischen zur wirklichen Wassermenge 1 : μ.
659	1	2	3	24	960	0,55139
660	2	2	3	24	960	0,55139
661	3	2	3	24	958	0,55028
662	4	2	3	24	936	0,51811
663	1	2	4	24	1188	0,55359
664	2	2	4	24	1188	0,55359
665	3	2	4	24	1176	0,52819
666	4	2	4	24	1164	0,52280
667	1	4	5	24	2196	0,50106
668	2	4	5	24	2196	0,50106
669	3	4	5	24	2196	0,50106
670	4	4	5	24	2196	0,50106
671	1	4	5,5	24	2376	0,49891
672	2	4	5,5	24	2364	0,49639
673	3	4	5,5	24	2352	0,49387
674	4	4	5,5	24	2352	0,49387
675	1	6	7	24	3684	0,48812
676	2	6	7	24	3672	0,48683
677	3	6	7	24	3672	0,48683
678	4	6	7	24	3660	0,48525
679	1	6	8	24	4560	0,53500
680	2	6	8	24	4548	0,53360
681	3	6	8	24	4548	0,53360
682	4	6	8	24	4536	0,53220
683	1	8	—	24	4800	0,49890
684	2	8	—	24	4848	0,49765
685	3	8	—	24	4848	0,49765
686	4	8	—	24	4836	0,49644
687	1	8	9	24	5700	0,53170
688	2	8	9	24	5700	0,53170
689	3	8	9	24	5688	0,53052
690	4	8	9	24	5676	0,53052
691	1	8	10	24	7440	0,60003
692	2	8	10	24	7428	0,59907
693	3	8	10	24	7428	0,59907
694	4	8	10	24	7416	0,59810

Nachstehende Versuche stellte Herr Hageau in der Art an, dafs das Wasser durch viereckige Oeffnungen in einem 1 Zoll dicken Brett (also nicht durch ein Gerinne) flofs.

No. der Versuche.	Anzahl der Gerinne.	Höhe der Schützöffnung = e.	Druckhöhe = h.	Breite aller Schützöffnungen = b.	Wassermenge in der Secunde = M.	Verhältniss der hypothetischen zur wirklichen Wassermenge 1 : μ.
695	1	2	4	24	1152	0,51728
696	2	2	4	24	1140	1,51200
697	3	2	4	24	1140	0,51200
698	4	2	4	24	1140	0,51200
699	1	4	6	24	2412	0,47204
700	2	4	6	24	2412	0,47204
701	3	4	6	24	2400	0,46968
702	4	4	6	24	2388	0,46735
703	1	6	8	24	4536	0,53220
704	2	6	8	24	4524	0,53086
705	3	6	8	24	4524	0,53086
706	4	6	8	24	4512	0,52936
707	1	8	10	24	6876	0,55424
708	2	8	10	24	6864	0,55358
709	3	8	10	24	6852	0,55262
710	4	8	10	24	6840	0,55164
711	1	8	—	24	4776	0,49024
712	4	8	—	24	4752	0,48781

Nachstehende Beobachtungen hat Herr Hageau am Oberthor der Schleuse Bonrepos, die oberhalb der Schleuse Belvoye liegt, angestellt. Das Wasser flofs durch eine Schützöffnung ohne Gerinne in die Schleuse.

No. der Versuche.	Anzahl der Gerinne.	Höhe der Schützöffnung = e.	Druckhöhe = h.	Breite aller Schützöffnungen = b.	Wassermenge in der Secunde = M.	Verhältniss der hypothetischen zur wirklichen Wassermenge 1 : μ.
713	—	3	4	116	8100	0,55610
714	—	6	7	116	22310	0,61197
715	—	9	10	116	40505	0,63555
716	—	12	13	116	61722	0,51365
717	—	15	16	116	84532	0,64483
718	—	15	19	61	49871	0,60915
719	—	18	19	116	105976	0,62212
720	—	18	19	61	56376	0,62970
721	—	18	19	30	31992	0,72659

Es ist in der That recht sehr zu wünschen, dafs Versuche in ähnlicher Art mit möglichster Genauigkeit angestellt werden mögten, um entweder die Lespinassischen und Hageauschen Beobachtungen zu bestätigen oder gänzlich zu verwerfen.

Ueberhaupt liegt bis jetzt noch in der Bestimmung der Contractionscoefficienten gar viel willkührliches. Denn es läfst sich meines Erachtens aus Vernunftgründen nicht wohl einsehen, dafs z. B. in Beobachtung No. 751. $\mu = 0{,}7861$, in Beobachtung No. 752. $\mu = 0{,}59737$, und in Beobachtung No. 757. $\mu = 0{,}82654$ sei.

Bei

Bei Mühlen und anderen Wasserwerken hat man es gar oft mit dem Abfluſs des Wassers aus viereckigen Oeffnungen in dünnen Seitenwänden mit und ohne Gerinne zu thun; daher ist eine genaue, wenn nicht aus Vernunftgründen doch aus ganz zuverlässigen Erfahrungen entwickelte Bestimmung der Contractionscoefficienten höchst wünschenswerth.

XXII.

Vom Abfluſs bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen in Flüssen und Kanälen.

238. Bei unvollkommenen Ueberfällen, nämlich wo der Spiegel des Unterwassers FC, Fig. 76., höher als der Scheitel des Wehrs DK liegt, läſst sich der Abfluſs des Wassers so ansehen, als wenn dasselbe von der Höhe AC, wie bei einem vollkommenen Ueberfall (No. 224.) abflöſse. Durch den übrigen Theil CD aber, wo das Unterwasser entgegenstehet, kann sich die Geschwindigkeit nicht mehr vermehren; im Gegentheil, sie wird von C nach D desto mehr abnehmen, je gröſser CD gegen AC gefunden wird. Mit Rücksicht auf diese Geschwindigkeitsabnahme wird sich das in der Höhe CD abfliefsende Wasser mit der der Höhe AC zugehörigen Geschwindigkeit bewegen.

Den lothrechten Abstand des ungesenkten Oberwasserspiegels vom Spiegel des Unterwassers oder AC, Fig. 76., nennt man die Stauhöhe, auf welche sich der Oberwasserspiegel durch den Einbau des Wehrs erhoben hat. Nun sei $AC = H$ die Stauhöhe, $CE = h =$ die Tiefe des Flusses unterhalb des Wehrs, b die Breite des Wehres, B die Breite des Flusses, M die Wassermenge; so ist die durch AC fliefsende Wassermenge (No. 224.) $m = \frac{2}{3}\mu g b H \sqrt{(H + N)}$, wenn $N = \frac{M^2}{4gB^2\mathfrak{H}^2} = \frac{V^2}{4g}$, und $\mathfrak{H}$ die mittlere Wassertiefe oberhalb des Wehrs bezeichnet. Ferner ist $DC = h - k$, und die in C erlangte Geschwindigkeit $= C = \mu g \sqrt{(H + N)}$. Da aber die Geschwindigkeit des Wassers von C nach D ganz unleugbar abnimmt; so ist der Coefficient, welcher das Verhältniſs zwischen C und $\mathfrak{B}$ anzeigt $= \psi = \frac{\mathfrak{B}}{C}$ (nämlich $\mathfrak{B}$ ist die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im verengten Querschnitt, also in AD, Fig. 76.).

Daher ist die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser durch DC abfliefst,

$$= E' = \psi\mu g \sqrt{(H + N)};$$

und die Wassermenge

$$m = \psi\mu g b(h - k)\sqrt{(H + N)}.$$

Beide Wassermengen zusammengenommen, geben den ganzen Abfluſs über das Wehr, daher

$$M = \tfrac{2}{3}\mu g b H \sqrt{(H+N)} + \psi\mu g b(h-k)\sqrt{(H+N)},$$

oder,

$$M = \mu g b[\tfrac{2}{3}H + \psi(h-k)]\sqrt{(H+N)};$$

für $H = 0$ ist $M = b \cdot \mathfrak{B}(h-k)$, wie es auch ganz richtig ist. Für $k = 0$ ist $M = bh\mathfrak{B}$.

239. Die Stauhöhe ist daher

$$H^3 + [3\psi(h-k) + N]H^2 + [\tfrac{4}{3}\psi^2(h-k)^2 + 3\psi(h-k)N]H + \psi^2(h-k)^2 N - \frac{9M^2}{4\mu^2 g^2 b^2} = 0.$$

240. Für $N = o$ ist die Stauhöhe

$$H^3 + 3\psi(h-k)H^2 + \tfrac{3}{2}\psi^2(h-k)^2 H - \frac{9M^2}{4\mu^2 g^2 b^2} = o,$$

weil, wenn das Wasser oberhalb als stillstehend angesehen werden kann,

$$M = [\tfrac{2}{3}H + \psi(h-k)]\mu g b V H$$

gefunden wird.

241. Ist die Höhe des Wehrs, also $k = o$, und findet daher blofs Verengung des Stroms statt; so ist $M = (\tfrac{2}{3}H + \psi h)\mu g b V(H+N)$.

242. Die Stauhöhe in dem verengten Querschnitt

$$H^3 + (3\psi h + N)H^2 + (\tfrac{3}{2}\psi^2 h^2 + 3\psi h N)H + \tfrac{3}{2}\psi^2 h^2 N - \frac{9M^2}{4\mu^2 g^2 b^2} = o.$$

243. In den Gleichungen (No. 238. bis No. 242.) ist ψ veränderlich und hängt ganz besonders davon ab, ob das Wasser frei abfliefst, oder ob dasselbe von irgend einem verengten unterhalb liegenden Querschnitt verzögert wird.

Ist die Geschwindigkeit oberhalb des Wehrs beim freien Abfluſs gleichförmig, so ist $\frac{\mathfrak{B}}{C} = \psi = 0{,}85$ (S. No. 67.). Ist aber die Geschwindigkeit schon beschleuniget, so ist $\frac{\mathfrak{B}}{C} = \psi = 0{,}95$ (S. No. 162. litt. *i*). Für verträgte Geschwindigkeiten des Wassers ist aber ψ höchst veränderlich, wie bereits (No. 69. 70. 75. 81. 83. 84. 99. und 187.) erwähnt ist.

Bei allen solchen Untersuchungen, als wie bei den Beobachtungen No. 722. bis No. 746. vorkommen, ist $\psi = 0{,}85$, weil das Wasser (wenn es auch oberhalb des verengten Querschnitts mit beschleunigter Bewegung ankommen sollte) an den Wänden oder an den Brückenpfeilern aufstauet. Dieser Aufstau ist $\mathfrak{h} = \frac{V^2}{4g}$; und es ist nun so anzusehen, als ob die Geschwindigkeit gleichförmig und $V = \frac{M}{B(\mathfrak{H}+\mathfrak{h})}$; dahingegen die Stauhöhe $H' + \mathfrak{h} = H$ ist.

[Denn bei der wirklichen Messung findet man jedesmal $H' + \mathfrak{h} = H$, anstatt man nur $H' = H$ finden sollte. Bei der Annahme $\psi = 0{,}85$ wird aber wieder das richtige Verhältniſs hergestellt.]

Kömmt aber das Wasser oberhalb der verengten Abflufsöffnung mit beschleunigter Geschwindigkeit an, ohne an Gegenständen aufstauen zu können, wie sich dies jedesmal in den verengten Querschnitten der Flüsse und Ströme ereignet, so ist $\psi = 0{,}95$ und nur die Stauhöhe H (nicht $H' + \mathfrak{h}$).

Dies voraus geschickt, so sind die Beobachtungen No. 722. bis No. 746. höchst merkwürdig, weil Theorie und Erfahrung aufs beste übereinstimmen, und uns belehren, daſs die Stauhöhe weit beträchtlicher ausfällt, als wie bisher angenommen wurde.

Hydrometrische Messungen, welche in verengten Durchflufsöffnungen fliessender Gewässer, und besonders mit der Berücksichtigung angestellt sind, dafs das Wasser unterhalb des verengten Querschnitts frei abfliefsen kann.

Dicht oberhalb der Weserbrücke zu Minden sind im Jahr 1804, bei acht verschiedenen Wasserständen, sehr genaue Messungen vorgenommen, wie man aus Funk's Beiträgen zur allgemeinen Wasserbaukunst, Lemgo 1808, S. 86. und S. 87. ersehen kann. Dabei bezeichnet $\mathfrak{h}$ den Wasserstand am Wassermesser; B die Breite im unverengten Strom; h die Tiefe; $h + H = h'$ die wirklich gemessene Tiefe vor der Brücke; M die Wassermenge; C die mittlere Geschwindigkeit in der verengten Oeffnung, μ den Contractionscoefficienten; ψ den Coefficienten, welcher auf die Abnahme der Geschwindigkeit, von der Oberfläche nach dem Boden zu, Rücksicht nimmt, und unveränderlich $= 0{,}85$ ist; $g = \sqrt{4g}$; $N = \left(\frac{M}{Bh}\right)\frac{1}{4g}$, die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe, welche das Wasser oberhalb der verengten Abflufsöffnung hat; b die Breite der verengten Abflufsöffnung; H die beobachtete Stauhöhe; H' die berechnete Stauhöhe nach der Gleichung

$$H^3 + (3\psi h + N)H^2 + (\tfrac{3}{4}\psi^2 h^2 + 3\psi hN)H + \tfrac{1}{2}\psi^2 h^2 N - \frac{9M^2}{16\mu^2 b^2 g} = 0;$$

M' die berechnete Wassermenge nach der Gleichung $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{[4g(H + N)]}$.

Alle Gröfsen sind im Rheinl. Fufsmaafs ausgedrückt.

No.	$\mathfrak{h}$	B	h	$h' = h + H$	M	C	μ	ψ	g	N	b	H	H'	M'
722	0,04	576	4,54	4,7	1867	1,717	0,9	0,85	7,91	0,031	235	0,16	0,07	1847
723	3,543	576	8,009	8,7	13972	5,752	0,9	0,85	7,91	0,243	270	0,666	0,75	14048
724	7,087	576	12,596	13,25	25181	6,848	0,9	0,85	7,91	0,380	282	0,833	0,895	25710
725	6,767	576	11,789	12,75	26409	6,982	0,9	0,85	7,91	0,400	291	0,944	1,005	26157
726	6,335	576	10,680	11,68	23781	7,034	0,81	0,85	7,91	0,418	282	1	1,15	22290
727	9,233	576	14,153	15,254	32208	6,848	0,81	0,85	7,91	0,474	311	1,101	1,075	31560
728	9,583	576	15,618	16,82	36326	7,456	0,81	0,85	7,91	0,481	302	1,202	1,25	36795
729	10,881	576	17,112	18,34	42625	7,932	0,81	0,85	7,91	0,501	306	1,222	1,325	40950

Anmerk. [Die Contractionscoefficienten (μ) sind wegen der Bollwerke, welche die Pfeiler umgeben, wegen der verschiedenen Gestaltungen der Vorpfeiler, wegen der davor gerammten Eisbrecher, und endlich wegen des Einströmens des Wassers in die Bogen bei Hochwasser schwer zu bestimmen, weshalb ich sie hier so angegeben habe, wie sie am besten mit den Beobachtungen stimmen.]

Im Jahr 1799 wurden nachstehende Abmessungen bei der bekannten sehr hohen Ueberschwemmung an der Weserbrücke bemerkt.

730	18,08	576	17,896	19,836	76670	9,165	0,9	0,85	7,91	0,501	422	1,83	1,9	76670

Anmerk. [Die grofse Weserbrücke zu Minden führt nicht das Ganze, sondern nur einen Theil des Hochwassers ab; ein zweiter Theil strömt durch die sogenannte bunte Brücke.]

Dubuat beschreibt in dem 195. Versuch, II. Theil, S. 124. und 125. §. 416. folgende Beobachtung; wovon ich unten beweise, dafs die Abmessungen fehlerhaft angegeben sind.

731	—	17,166	4,521	—	911	—	0,9	0,85	26,9	0,137	8,166	0,8125	0,95	911

Herr Bernhard führt in seinen neuen Grundlehren § 208. ebenfalls eine merkwürdige Beobachtung an. Der Contractionscoefficient (ψ) mufs deshalb $= 0{,}61$ genommen werden, weil die Abflufsöffnung durch ein dünnes Brett beengt wurde.

732	—	15,5	4,5	—	1395	—	0,61	0,85	26,9	0,1461	7,75	5	3,29	1395

Als im Jahr 1810 die sogenannte Veltheimer grofse Bucht in der Weser, zwischen Rinteln und Vlotow, mit Sinkstücken gedeckt wurde, sind unter meiner Anleitung nachstehende sehr lehrreiche Beobachtungen über den Aufstau des Wassers gemacht, und zwar in der Art, dafs man sowohl am link- als rechtseitigen Ufer Scalen setzte, und daran die Wasserstände beobachtete, ehe ein Sinkstück vom Stapel gelassen wurde. Nachdem ein Sinkstück in das Wasser gelassen war (welches binnen fünf Minuten erfolgte), wurde dadurch der Strom um 36 bis 50 Fufs verengt, und mittelst der Scalen der an beiden Ufern bemerkbare Aufstau beobachtet.

No.	B	h	M	μ	ψ	g	N	b	H	H'	H''	H'''	M'
733	102	2,48	1604	0,95	0,85	7,91	0,169	165	0,18	0,02	0,10	0,1705	1604
734	196	2,23	1754	0,95	0,85	7,91	0,250	159	0,24	0,04	0,14	0,2504	1754
735	192	2,78	1750	0,95	0,85	7,91	0,179	155	0,20	0,01	0,115	0,195	1750
736	180	2,98	1808	0,95	0,85	7,91	0,183	143	0,20	0,00	0,10	0,21	1808
737	196	2,71	1810	0,95	0,85	7,91	0,186	160	0,21	0,01	0,11	0,20	1810
738	220	2,30	1757	0,95	0,85	7,91	0,189	182	0,20	0,04	0,12	0,19	1757
739	206	3,21	2241	0,95	0,85	7,91	0,175	170	0,18	0,08	0,13	0,20	2241

Anmerk. [Dabei bezeichnet H die Stauhöhe am rechten Ufer; H' die Stauhöhe am linken Ufer der Weser; $H'' = \frac{H + H'}{2}$ H'' die berechnete Stauhöhe; M' die berechnete Wassermenge.]

Nachstehende Beobachtungen sind nach meiner Anleitung im neuen Kunstkanal zu Neusalzwerk bei Minden von dem jetzigen Wasserbauinspector Herrn Krause angestellt.

740	10	0,653	6,837	0,9	0,85	7,91	0,0175	5	0,06	0,06	0,06	0,08	6,837
741	10	1,09	16,371	0,9	0,85	7,91	0,031	5,1	0,17	0,15	0,16	0,16	16,371
742	10,1	1,51	26,19	0,9	0,85	7,91	0,037	5,15	0,19	0,175	0,1875	0,205	26,19
743	10,4	1,89	40,23	0,9	0,85	7,91	0,0506	5,27	0,295	0,29	0,2925	0,3	40,23
744	10,55	2,126	62,6	0,9	0,85	7,91	0,0952	5,75	0,4	0,39	0,395	0,43	62,6

Dubuat hat in seinen Grundlehren der Hydraulik, II. Theil, S. 122. bis S. 125. zwei Beobachtungen in verengten Abflufsöffnungen angeführt, jedoch die Stauhöhen derselben ganz unrichtig angegeben. Im 194. Versuch war die Wassertiefe oberhalb der Pfeiler 6,9583, und unterhalb derselben 2,166 Zoll, also die Stauhöhe $H = 4,7917$ Zoll. Im 195. Versuch war die Wassertiefe oberhalb der Pfeiler 5,333 Zoll, unterhalb derselben 1,6667, also die Stauhöhe $H = 3,666$. Berechnet man nun nach vorstehenden Formeln H und M, so erhält man die Ueberzeugung, nicht allein, dafs die Versuche richtig angestellt sind, sondern auch, dafs der Contractionscoefficient μ nicht 0,9 (wie Dubuat meint) sondern $\mu = 0,59$ ist, womit auch die Erfahrung bei andern Abflufsöffnungen ähnlicher Art übereinstimmt. Denn der Abflufs des Wassers erfolgte durch zwei Oeffnungen, jede 4,083 Zoll breit.

745	17,166	2,1666	1472	0,5945	0,85	26,9	0,205	8,166	4,7917	—	—	4,7917	1472
746	17,166	1,6667	911	0,5512	0,85	26,9	0,130	8,166	3,6667	—	—	3,6667	911

244. Wenn in irgend einem fliefsenden Gewässer, welches 10, 12 und mehrere Fufse hoch vom kleinsten bis zum höchsten Wasserstand anschwellen kann, ein Wehr erbauet worden ist, das den Flufs ganz versperrt und aufstauet, so erhält beim niedrigsten Wasserstand der Wasserspiegel die Gestalt $hcuv$, Fig. 77.; so wie aber das Wasser nach und nach anschwillt, so nimmt es die Figur $idst$, $keqr$, $lfop$, $mgxn$ an, so, dafs das Gefälle, oder vielmehr die Stauhöhe, vom Ober- zum

Unterwasser immer kleiner wird, folglich sich das vollkommene Wehr in ein unvollkommenes verwandelt. So lange also noch der Wasserspiegel des Unterwassers niedriger liegt als die Fläche des Wehrsattels (Fachbaums), so hängt die Wassermenge ganz allein von der Druckhöhe oder vom Wasserstand H ab; sobald sich aber der Wasserspiegel des Unterwassers über den Fachbaum erhebt, so hängt der Erguſs des Wassers über das unvollkommene Wehr nicht mehr von der Druckhöhe allein, sondern auch von dem unterhalb belegenen Querschnitt nv ab.

Diese Erscheinung wird dadurch sehr leicht erklärt, daſs das Gefälle des unterhalb des Fachbaums befindlichen Wassers auf die Länge qr, op, xn viel geringer als das des obern Wasserspiegels bei dieser Länge ist.

Der freie Abfluſs des Oberwassers wird also durch das unterhalb weit langsamer flieſsende Unterwasser verhindert. Es muſs daher jedesmal das Maximum der Stauhöhe alsdann eintreten, wenn der Wasserspiegel im Unterwasser mit dem Fachbaum in einer Horizontalebene liegt. Z. B. Es sei

B	h	Q	P	λ	V	M	μ	ψ	b	H	N	k	$h-k$
100	2,52	252	104	5000	2	504	0,87	—	250	0,27	0,035	11,52	—8,48
580	11,52	6681	592	4720	4,444	29690	0,87	—	321	7,30	0,256	11,52	— —
690	14,52	9005	708	4000	5,125	46151	0,87	0,85	351	6,85	0,400	—	+ 3

so sieht man hieraus, daſs sobald der Wasserspiegel des Unterwassers sich über den Fachbaum erhebt, die Druckhöhe H kleiner wird, welches auch naturgemäſs ist, und wodurch aufs überzeugendste bewiesen werden kann, daſs der Gegendruck des Wassers auf die Bewegung, auf die Gestalt des Wasserspiegels u. s. w. den entscheidendsten Einfluſs hat, wie ich dies schon alles gehörig, und wie ich hoffe, faſslich vorgetragen habe. (S. No. 39. und No. 165. und No. 167.)

XXIII.

Vom Aufstau des Wassers bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen.

245. Der Aufstau, welcher durch irgend ein Hinderniſs in dem Bett eines flieſsenden Gewässers verursacht wird, hat, so weit die Stauweite reicht, einen entscheidenden Einfluſs auf die Bewegung des Wassers. In Flüssen und Strömen findet man, daſs bei den kleinsten Wasserständen das Wasser abwechselnd bald Stauungen, bald Abfälle bildet: bei Anlagen von Wehren, Freischleusen u. s. w. in flieſsenden Gewässern ist die richtige Bestimmung der Stauweite ein wesentliches Erforderniſs; bei Beurtheilung des Effects, welchen Durchstiche hervorbringen, und des Einflusses, welchen sie auf die Senkung des Wasserspiegels haben werden, kann man die richtige Bestimmung der Stauweite nicht entbehren; und so giebt es in der Ausübung noch unzählige Fälle, die darthun, daſs die richtige Stauweitenbestimmung ein höchst dringendes Erforderniſs ist.

Meines Wissens hat bis jetzt nur Herr Dubuat Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt; aber der allgemeine Ausdruck, welchen derselbe zur Bestimmung der Stauweite findet, kömmt nicht mit der Erfahrung überein, weil er Voraussetzungen macht, die nicht gestattet werden können. Um hiervon zu überzeugen ist es nöthig, dafs ich zuerst Herrn Dubuat's Darstellungsart vortrage, und demnächst den Beweis der Unzulässigkeit führe.

246. Die ursprüngliche Oberfläche $axhwbk$, Fig. 78., eines Flusses, dessen Sohle mn mit dem Wasserspiegel parallel ist, sei durch den Einbau eines Wehrs gc bis zur gröfsten Höhe bei t angeschwellt; so bestehet der Wasserspiegel $altvk$ aus zwei krummen Linien, deren Wendungspunkt in t ist.

Die Curve alt ist concav und tvk convex. Nämlich bei t fängt die Beschleunigung, also auch die Senkung des Wasserspiegels an, und folglich ist tw die gröfste Stauhöhe. Wenn man eine Horizontallinie htd durch t ziehet, so kann $db = tw$ gesetzt, und db für die Stauhöhe angenommen werden. Denn die Entfernung dt kann allezeit bei dieser Voraussetzung nur gering seyn.

Die Höhe des Stauwassers für einen jeden beliebigen Punkt ist diejenige Gröfse, um welche sich der Wasserspiegel daselbst über seinen natürlichen Stand durch die Stauung erhöhet hat. Diese Gröfse nimmt von t bis a beständig ab, und wenn man z. B. für den Punkt h dieselbe wissen will, so zeigt der Perpendikel hl die, der Entfernung vom Wehr zugehörige Höhe des Stauwassers an.

Weil alt eine concave Curve bildet, so folgt daraus schon, dafs die Abnahme des Stauwassers sich nicht gleich bleiben kann, sondern dafs sie näher nach a zu immer geringer werden mufs.

Wenn a derjenige Punkt ist, wo sich die Curve alt mit ak wieder vereiniget, wo also die Höhe des Stauwassers $= 0$, so ist ab oder at die sogenannte hydraulische Stauweite.

Die Horizontallinie hd durch t schneidet ak in h, daher ist hb oder hd die sogenannte hydrostatische Stauweite.

An den Endpunkt t der Curve alt werde eine Tangente xt gezogen, so kann diese Tangente nicht horizontal seyn, weil das Abfliefsen des Wassers bei t eine Neigung desselben in der Oberfläche gleich oberhalb t nothwendig voraussetzt. Also wird der Durchschnittspunkt x dieser Tangente mit ak zwischen a und h fallen. Weil aber ak gleichfalls eine Tangente derselben Curve an dem Punkt a ist, so mufs (wenn alt ein Kreisbogen ist, wie Herr Dubuat annimmt) $ax = xt$ seyn. Nun kann (wenn man kleine Gröfsen aufser Acht läfst) $xt = xd = xb$ gesetzt werden, und man hat also $ax = xb$, oder $xb = \frac{1}{2}ab$; woraus folgt $ab = 2xb$. Nach Beobachtungen des Herrn Dubuat ist aber nur $ab = 1{,}9xb$. Da endlich $xb > hb$; so folgt daraus, dafs $ab > 1\frac{8}{10}bh$, und folglich die hydraulische Stauweite mehr als 1,9 der hydrostatischen betrage.

Die Entfernung xb läfst sich aber nicht bestimmen, wenn man nicht die Neigung der Tangente xt und die Neigung des ursprünglichen Gefälles ak kennt. Der Winkel $kae = akp$ stellet den Abhang der Oberfläche des frei abfliefsenden, und xth den Abhang des aufgestaueten Wasserspiegels dar. Alsdann ist ap das absolute Gefälle auf die Länge ak, hz das absolute Gefälle auf die Länge xt, und ew das absolute Gefälle auf die Länge ab.

Weil nun Sin. $eab = \frac{ew}{ab} =$ Sin. $akp = \frac{ap}{ak} = \frac{1}{b}$ und Sin. $xih = \frac{zh}{zt} = \frac{1}{B}$ ist, so muſs die Neigung von xt offenbar geringer, als die von ak seyn; daraus folgt auch, daſs $\frac{1}{B} < \frac{1}{b}$ oder $B > b$ ist.

Heiſst nun die Stauhöhe $tw = db = H$; Sin. $thb =$ Sin. $m = \frac{tw}{hb} = \frac{1}{b}$; Sin. $xth =$ Sin. $n = \frac{zh}{zt} = \frac{1}{B}$ und also Winkel $txh = m - n$, so verhält sich Sin. $(m-n) : H =$ Sin. $(90° + n) : xw$; folglich $xw = H\frac{\text{Sin. }(R+n)}{\text{Sin. }(m-n)}$. Weil aber nun n gegen R fast unendlich klein ist, so kann man setzen $xw = \frac{H}{\text{Sin. }(m-n)}$, und aus eben diesem Grunde überhaupt Sin. m, Cosin. $n = \frac{1}{b}$ und Sin. n. Cosin. $m = \frac{1}{B}$; also die hydrostatische Stauweite $xw = \frac{H}{\frac{1}{b} - \frac{1}{B}} = \frac{HbB}{B-b}$; und daher die hydraulische Stauweite $A = \frac{1{,}9\,HbB}{B-b}$.

247. In diesem allgemeinen Ausdruck $A = \frac{1{,}9\,HbB}{B-b}$ [gegen den sich ohnehin noch mehrere gegründete Ausstellungen machen lassen] kann man den Werth von $\frac{1}{B}$ gar nicht, auch nicht einmal mit einiger Genauigkeit bestimmen, weil $\frac{1}{B}$ das relative Gefälle bezeichnet, welches dem Querschnitt ty, Fig. 78., worin das Wasser am mehrsten verträgt wird, zugehört. Herr Dubuat nimmt aber darauf gar keine Rücksicht, sondern sucht nach der Gleichung (No. 146.) $B = \frac{2gQ}{nPV^2}$ den Werth von B, der doch nur für gleichförmige Bewegung beim freien Abfluſs des Wassers gültig ist; deshalb wird B jedesmal zu groſs und $\frac{1}{B}$ zu klein gefunden, wie nachstehende sehr genaue Beobachtung aufs überzeugendste bekundet.

747ste Beobachtung.

[Man sehe deshalb Beobachtung No. 9. und No. 450. bis No. 489.]

Vom Anfangspunkt des Nivellements bei Grohnde bis 44816 Fuſs stromabwärts befindet sich der Scheitel des Hamelschen Schleusenwehrs, welches 7,097 Fuſs $= H$ stauet. Von diesem Scheitel stroman gerechnet, stauet das Wehr heraufwärts 44816 — 20416 = 24400 Fuſs. Das mittlere relative Gefälle, wenn das Wasser in diesem Stromrevier ganz frei abflieſsen könnte, ist $\frac{1}{b} = \frac{1}{2253}$. Die Wassermenge, welche die Weser in der Secunde abführt, ist $M = 3300$ Kubikfuſs. Dicht vor dem Hamelschen Wehr [S. Beobachtung No. 487.] ist der Flächeninhalt des Querschnitts $Q = 4107$ □fuſs, der Umfang $P = 416$, die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $= V = 0{,}8035$ Calenb. Fuſs; folglich

würde, nach Herrn Dubuat's Darstellung, $B = \frac{2 \cdot 16{,}79}{0{,}003783} \frac{4107^3}{416 \cdot 3300^2} = 135690$, $\frac{1}{B} = \frac{1}{135690}$ und die Stauweite $A = \frac{1{,}9 \cdot 7{,}097 \cdot 2253 \cdot 135690}{135690 - 2253} = 32031$ Fuſs gefunden werden. Die Erfahrung gab nur $B = 21613$, $\frac{1}{B} = \frac{1}{21613}$, und $A = 24400$ Fuſs.

Anmerk. [In der Beobachtung No. 9. ist zwar nur die Stauweite $A = 17640$ Fuſs angegeben, das ist aber nur diejenige Länge, auf welche die Aufstauung augenscheinlich ist; die wahre Stauweite ist $= A = 24400$ Fuſs.]

Von der Dubuatschen Darstellung ist also für die Ausübung kein Gebrauch zu machen, weil die Rechnungsresultate sich zu sehr von den Erfahrungswerthen entfernen.

248. Die Erfahrung lehrt es überall, daſs die hydraulische Stauweite nie und unter keinen Umständen das Doppelte der hydrostatischen beträgt, und ebenfalls ist es durch die Erfahrung [S. Beobachtungen No. 5. bis No. 9.] hinlänglich erwiesen, daſs die Curve, welche der Wasserspiegel oberhalb Wehre bildet, als eine halbe Parabel angesehen werden kann, deren Axe über dem Wasserspiegel liegt.

Auf diese beiden ganz zuverläſsigen Erfahrungen gestützt, bezeichne, Fig. 79., $ACFG$ den Wasserspiegel, wenn das Wasser gleichförmig und frei abflieſst. Der Einbau KI staue das Wasser über den ursprünglichen Wasserspiegel um die Höhe $EF = H$ auf, und es sei $ED = EF$, die Curve ACE eine halbe Parabel, deren Axe AD über dem Wasserspiegel liegt. Die Curve ACE schneidet jedesmal den ursprünglichen Wasserspiegel $ACFG$ in irgend einem Punkt C, und bis dahin kann sich auch nur die Stauweite höchstens erstrecken. Alles kömmt nun darauf an, die Abscisse AB und Ordinate BC zu bestimmen. Das relative Gefälle des unaufgestaueten Wasserspiegels sei $= \frac{x}{b}$, so ist $AD = 2Hb$. Es sei ferner $AB = x$, $BC = y$, so verhält sich

$$x : y = 2Hb : 2H, \text{ daher } y = \frac{x}{b}.$$

Ferner ist der Parameter der halben Parabel $ACE = \frac{H^2}{2Hb} = \frac{H}{2b}$, also $y = \sqrt{\frac{Hx}{2b}}$; $x = \frac{Hb}{2}$ und $y = \frac{H}{2}$; daher die Stauweite $EC = 2Hb - \frac{Hb}{2} = \frac{3}{2}Hb$, und $ME = \frac{1}{2}H$, $MF = \frac{3}{2}H$.

249. Ist also die Wassermenge M, die der Fluſs führt, so wie das Gefälle des aufgestaueten Wasserspiegels ACE bekannt, so läſst sich entweder nach der Gleichung (No. 152.) oder nach der Gleichung (No. 226. oder No. 242.) bestimmen, wie groſs die Wassertiefe FN bleibt; oder (was gleichgültig ist) um wieviel sich die Wassertiefe vermindert, wenn das Wehr oder der Einbau KI fortgenommen wird.

Angenommen, das Wasser senke sich bis F herab, so läſst sich sehr leicht der Punkt C im voraus bestimmen, bis wie weit nur das Wasserprisma EFC wegsinken kann. Nämlich, man mache $ME = \frac{1}{2}H = \frac{1}{4}EF$, und ziehe die Horizontale MC; so wird da, wo die Linie MC den aufgestaueten Wasserspiegel ACE in C schneidet, der Punkt seyn, bis wie weit

weit nur höchstens eine merkliche Veränderung im Wasserspiegel, wenn der Einbau IK weggenommen wird, vorgehen kann.

Ob die Darstellung No. 248. und No. 249. ihre Richtigkeit habe, und unter allen Umständen naturgemäfs sei, wollen wir an nachstehenden sehr zuverläfsigen Beobachtungen prüfen.

250. Vergleichen wir die 747ste Beobachtung mit dem (No. 248.) gefundenen allgemeinen Ausdruck $A = \frac{1}{2} Hb$; so findet man $A = \frac{1}{2} \cdot 7{,}097 \cdot 2253 = 23985$ Fufs. Die Erfahrung gab $A = 24400$ Fufs.

Beobachtung No. 800.

[S. Funk's Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst, Lemgo 1808. 8. 187.]

251. In einem geraden Bach am Dehmer Gebirge bei Minden fand man das relative Gefälle des ursprünglichen Wasserspiegels $= \frac{1}{b} = \frac{1}{72}$. Die Stauhöhe $H = 0{,}8$, und die Stauweite $A = 84$ Fufs. Nach dem Ausdruck No. 248. ist $A = \frac{1}{2} \cdot 0{,}8 \cdot 92 = 110$ Fufs.

Zu bemerken ist noch, dafs beim freien Lauf des Wassers die mittlere Wassertiefe $= h = 0{,}1$ Fufs betrug, und der Materienwiderstand den Abfluss des Wassers verzögerte. Daher der Unterschied zwischen dem Erfahrungswerth $A = 84$ und dem Rechnungsresultat $A = 110$.

Beobachtung No. 801.

[S. Funk's Beiträge etc. S. 188.]

252. Im Windwehen Bach, welcher viele Krümmungen hat, bei Benntrup, Amts Heepen, unweit Bielefeld, ist $\frac{1}{b} = \frac{1}{112}$, $H = 6{,}5$ und $A = 2686$ Fufs. Nach der Gleichung No. 248. findet man $A = \frac{1}{2} \cdot 6{,}5 \cdot 316 = 3081$.

Dafs die Formel hier die Stauweite etwas zu grofs angiebt, scheint von den Flufskrümmungen herzurühren.

Beobachtung No. 802.

[S. Funk's Beiträge etc. S. 188. und die schönen Beobachtungen No. 590. bis No. 627.]

253. Auf dem Fachbaum D, Fig. 80., der Ablafsschleuse fand man das Standwasser 5,77 Fufs $= BD$; auf dem Fachbaum der Einlafsschleuse G das Standwasser $GE = 5{,}01$ Fufs; das Gefälle des Wasserspiegels von E bis $B = LB = 1{,}55$ Fufs; der Fachbaum G lag 1,9 Fufs höher als der von D, also $GK = 1{,}9$ Fufs; die Wassermenge M war $= 130{,}5$ Kubikfufs; der Kanal hatte seine Einmündung aus der Werre im Punkt H; die Länge HE betrug 540 Fufs, und das Gefälle $ME = 0{,}3$ Fufs; also das Gefälle von H bis A auf 5400 Fufs $= 1{,}85$ Fufs. Nun wurden alle Schützen bei D und G gezogen. Die Wassermenge, welche jetzt beifloss, betrug für die Secunde $M = 152$ Kubikf.; der Wasserstand auf dem Fachbaum $D = CD = 2{,}35$ Fufs, und der Wasserstand auf dem Fachbaum

$G = GF = 4{,}87$ Fufs. Nur höchstens 6000 Fufs oberhalb des Fachbaums D war eine Veränderung des Wasserspiegels bemerkbar, und das Gefälle auf diese Länge $3{,}42 + 1{,}85 = 5{,}27$ Fufs.

Nennt man nun $BC = H = 5{,}77 - 2{,}35 = 3{,}42$ Fufs, so mufs nach meiner Darstellung $ME = \frac{1}{2}H = 1{,}72$ seyn, und wenn man die Horizontale LEN ziehet, so müfste N den Punkt bezeichnen, wo die Stauweite aufhört, und über welchen hinaus (nämlich in der Länge NH) keine Veränderung des Wasserspiegels möglich ist.

Nun ist aber das ganze Gefälle $LC = 3{,}42 + 1{,}76 = 5{,}18$ Fufs, weicht also nur von dem durch Erfahrung gefundenen (5,27) um 0,09 Fufs, oder um $\frac{1}{57}$ des Ganzen ab.

Bedenkt man aber, dafs, als nur 130,5 Kubikf. Wasser über den Fachbaum bei D, Fig. 80., abflossen, der Wasserstand $BD = 5{,}77$ Fufs gefunden wurde; so hätte bei übrigens gleichen Umständen, wenn 152 Kubikf. Wasser abflossen, BD gröfser als 5,77 Fufs seyn müssen, und alsdann würde auch LB gröfser als 1,72 und das ganze Gefälle LC gröfser als 5,18 Fufs gefunden worden seyn; woraus unleugbar folgt, dafs das Rechnungsresultat mit dem Erfahrungswerth aufs beste übereinstimmt.

Beobachtung No. 803.

[S. Funk's Beiträge etc., S. 191. und 192.]

254. Zu Herfordt am Bergerthor lag der Fachbaum der Freischleuse unter einer willkührlich angenommenen Horizontalebene 23,72 Fufs; die Oberfläche des aufgestaueten Wassers 18,56 Fufs, und das Gefälle der durch die Freischleuse aufgestaueten Werre wurde so gefunden, wie es das beigefügte Nivellement anzeigt. Wenn alle Schützen gezogen wurden, so senkte sich das Wasser bis 22,97 Fufs unter der Horizontalebene, so dafs nur der Wasserstand auf dem Fachbaum 23,72 — 22,97 = 0,75 Fufs betrug.

Nach meinem allgemeinen Ausdruck für die Stauweite findet man $A = 6780$ Fufs. Die Erfahrung gab aber nur beiläufig 6180 Fufs, welches darin seinen Grund hat, dafs die Werre mehrere bedeutende Krümmungen macht. Nämlich, es ist $H = 22{,}97 - 18{,}56 = 4{,}41$ Fufs, also $\frac{1}{2}H = 6{,}615$ Fufs; daher mufs der äufserste Punkt der Stauweite in dem Perpendikel $22{,}97 - 6{,}615 = 16{,}355$ Fufs unter der angenommenen Horizontalebene oder 6780 Fufs oberhalb der Freischleuse fallen.

Entfernungen vom Anfangspunkt des Nivellements, Fufs.	Perpendikel für den Wasserspiegel vor Eröffnung der Schleuse.	Perpendikel für den Wasserspiegel nach Eröffnung der Schleuse.	Das Wasser fiel nach Eröffnung der Schleuse.	Entfernungen vom Anfangspunkt. Fufs.	Perpendikel für den Wasserspiegel vor Eröffnung der Schleuse.	Perpendikel für den Wasserspiegel nach Eröffnung der Schleuse.	Das Wasser fiel nach Eröffnung der Schleuse.	Entfernungen vom Anfangspunkt. Fufs.	Perpendikel für den Wasserspiegel vor Eröffnung der Schleuse.	Perpendikel für den Wasserspiegel nach Eröffnung der Schleuse.	Das Wasser fiel nach Eröffnung der Schleuse.
Fachbaum	18,56	22,97	4,41	2460	18,51	19,28	0,77	4740	17,80	17,91	0,03
120	18,55	22,47	3,92	2580	18,50	19,21	0,71	4860	17,78	17,80	0,02
360	18,55	21,78	3,23	2700	18,50	19,15	0,65	4980	17,63	17,67	0,02
540	18,53	21,49	3,96	2820	18,40	18,98	0,58	5100	17,585	17,60	0,02
660	18,54	—	—	2940	18,40	18,91	0,51	5220	17,54	17,57	0,03
780	18,54	20,85	2,31	3060	18,40	18,88	0,48	5340	17,34	17,35	0,01
900	18,53	20,55	2,02	3180	18,39	18,80	0,41	5460	17,14	17,16	0,02
1020	18,53	—	—	3300	18,40	—	—	5580	17,12	17,14	0,02
1140	18,54	20,43	1,89	3420	18,39	18,72	0,33	5700	16,99	—	Weil diese Werthe so unbedeutend waren, so hat man sie aufser Acht gelassen.
1260	18,52	20,19	1,67	3540	18,36	—	—	5820	16,98	—	
1380	18,51	20,09	1,58	3660	18,355	18,55	0,20	5940	16,95	—	
1500	18,52	20,08	1,56	3780	18,27	18,44	0,17	6060	16,89	—	
1620	18,51	19,91	1,40	3900	18,24	18,36	0,12	6180	16,76	—	
1740	18,51	19,70	1,19	4020	18,06	18,15	0,09	6300	16,74	—	
1860	18,525	19,56	1,04	4140	18,01	18,08	0,07	6420	16,56	—	
1980	18,52	19,44	0,92	4260	17,96	18,02	0,06	6540	16,54	—	
2100	18,52	19,45	0,93	4380	17,92	17,98	0,06	6660	16,45	—	
2220	18,53	19,42	0,89	4500	17,91	17,98	0,07	6780	—	—	
2340	18,525	19,39	0,87	4620	17,88	17,915	0,03	6920	16,39	—	

Beobachtung No. 804.

[S. Funk's Beiträge etc. S. 193. bis S. 196.]

255. In der Werre, oberhalb Neusalzwerk, liegt ein Wehr, welches den Fluſs 9,89 Fuſs hoch stauet. Wenn die Werre in der Secunde 275 Kubikfuſs Wasser führte, und davon in der Unterwerre 145 und im Kunstkanal 130 Kubikfuſs flossen, alsdann stand auf dem Fachbaum der (uns schon bekannten) Einlaſsschleuse das Wasser 5,093 und auf der Ablaſsschleuse 5,416 Fuſs hoch. Auf dem Wehrsattel war die Wasserhöhe = 1,09 Fuſs.

Die Stauweite erstreckte sich beiläufig bis zur Mahner Mühle, oder 17655 Fuſs oberhalb des Wehrs; nach anderen Anzeigen (die unten noch vorkommen) aber weiter und beinahe bis zu 19736 Fuſs. Das Gefälle des aufgestaueten Wasserspiegels ist aus der beigefügten Nivellementstabelle ersichtlich. Uebrigens ist noch zu bemerken, daſs die Werre, sowohl oberhalb als unterhalb des Wehrs, Krümmungen in Krümmungen macht.

Sucht man aus der ganzen nivellirten Länge das relative Gefälle des Flusses, wenn das Wasser frei abfliefst, so findet man $b = \frac{27350,4}{17,8} = 1531$. Sucht man denselben Werth aus der Länge vom Anfangspunkt des Nivellements bis zum Wehr, so ergiebt sich $b = \frac{19736,4}{14,66} = 1346$. Sucht man denselben Werth aus den ersten 173,5 Ruthen oberhalb der Mahner Mühle, so erhält man $b = \frac{2082}{1,28} = 1626$. Das arithmetische Mittel giebt $b = 1500$.

Anmerk. [Uebrigens läßt es sich aus den letzten Werthen von b erkennen, daß der Aufstau des Wehrs etwas weiter als bis zur Mahner Mühle, oder (was gleichgültig ist) bis beinahe zum Anfangspunkt des Nivellements reicht; mit völliger Gewißheit ist dies nicht zu ermitteln.]

Nach dem No. 248. gefundenen allgemeinen Ausdruck für die Stauweite ist daher $A = \frac{1}{2} \cdot 9{,}89 \cdot 1500 = 22251$ Fuſs, statt nach der Erfahrung 17655 bis 19736 Fuſs gefunden wurde.

Die Abweichung beider Resultate hat ihren Grund in zwei Erscheinungen.

Die erste, daſs der Fluſs Krümmungen in Krümmungen macht, folglich die Stauweite sich nicht so weit als in der geraden Bahn erstreckt. Die zweite, daſs das relative Gefälle $\frac{1}{b} = \frac{1}{1500}$ nur ein Mittelwerth ist, folglich ein scharfes Rechnungsresultat nicht gefunden werden kann.

Unter solchen Umständen (nämlich, daſs der Werth von b nicht mit aller Schärfe ermittelt werden kann) ist es viel sichrer, sich derjenigen Methode zu bedienen, welche ich No. 249. vorgetragen habe. Demnach müſste man, S. Fig. 79., $ME = \frac{1}{2} H$ machen und die Horizontale MO ziehen; der Durchschnittspunkt C giebt den äuſsersten Punkt der Stauweite. Es kömmt also darauf an, die Wassertiefe FN, Fig. 79. zu bestimmen, wenn das Wasser ganz frei abflieſst. Nun ist die Breite 90 Fuſs, die Wassermenge 275 Kubikfuſs und $\frac{1}{b} = \frac{1}{1500}$; daher $FN = h = 1{,}2$ (S. No. 152.), folglich $\frac{9{,}89 - 1{,}2}{2} = \frac{1}{2} H = 4{,}345$.

Der aufgestauete Wasserspiegel der Werre hatte aber vom Anfangspunkt des Nivellements bis zum Wehr 4,77 Fuſs Gefälle; daher giebt $4{,}77 - 4{,}345 = 0{,}425$ Fuſs den Perpendikel an, wieweit sich nur die Stauweite erstreckt, dies ist 33,5 Ruthen vom Anfangspunkt des Nivellements; daher die Stauweite 19334 Fuſs, welches eine Uebereinstimmung mit Theorie und Erfahrung giebt, die gar nicht gröſser zu erwarten ist.

Entfernung vom Anfangspunkt des Nivellements.	Gefälle ebenfalls vom Anfangspunkt an gerechnet.	Anmerkungen.	Entfernung vom Anfangspunkt des Nivellements.	Gefälle ebenfalls vom Anfangspunkt an gerechnet.	Anmerkungen.	Entfernung vom Anfangspunkt des Nivellements.	Gefälle ebenfalls vom Anfangspunkt an gerechnet.	Anmerkungen.
Ruthen.	Fuſs.		Ruthen.	Fuſs.		Ruthen.	Fuſs.	
0	0		613,8	3,82	Pegel No. 1.	1485,2	4,72	
56	0,71		691,3	3,85		1543,8	4,735	
95	0,87		761,8	3,93		1604,8	4,780	
173,5	1,28	Mahner	868,5	4,015		1614,9	4,770	Wehrsattel und
216,5	1,59	Mühle.	924,3	4,145		1644,7	14,66	Pegel No. 3.
265	1,98		975	4,270		1764,8	15,48	oberhalb und
310	2,215		1096,5	4,340		1932,2	15,77	Pegel No. 4.
422	3,080		1189	4,475	Pegel No. 2.	2073,2	17,20	unterhalb.
455	3,22		1271,1	4,620		2150	17,54	
517	3,52		1352,1	4,670		2263,9	17,72	
571	3,80		1419,1	4,715		2279,2	17,80	Pegel No. 5.

256. Aus diesen höchst merkwürdigen sechs Beobachtungen (die einen Kostenaufwand von mehreren tausend Thalern verursacht haben) wird man sich hoffentlich überzeugen, dafs die von mir No. 248. und No. 249. angegebenen allgemeinen Ausdrücke, die Stauweite zu bestimmen, der Erfahrung genau genug entsprechen, wenn nicht Stromkrümmungen, oder Sand- und Kiesbänke, oder andere Erscheinungen, darin eine wesentliche Abänderung machen.

805te Beobachtung.

Anmerk. [Selbst Dubuat's 193ster Versuch (9. § 156. seiner Grundlehren) stimmt damit gut überein: nämlich es ist daselbst $H = P - p = 10 - 6 = 4$, und $\frac{1}{b} = \frac{1}{258}$, daher $A = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 258 = 1648$ Zoll $= 21{,}5$ Toisen; nach seiner Beobachtung war $A = 22$ Toisen. Die Dubuatschen Beobachtungen über diesen Gegenstand verdienen aber deshalb keine vorzügliche Beachtung, weil, nach seinem eigenen Eingeständnifs, das Gerinne, worin er die Beobachtung anstellte, zu kurz war.]

Ganz besonders bemerke ich noch, dafs sich der Wasserspiegel nie über den Punkt *C*, Fig. 79., hinaus merklich ändern kann, wenn das Wehr weggenommen oder die Schützen der Freischleusen gezogen werden. Bei der Untersuchung, auf die ich mich demnächst über den Effect der Durchstiche und ihren Einfluss auf die Senkung des Wasserspiegels, einlassen, und mit Rücksicht auf die physischen Nebenumstände abhandeln werde, mache ich von diesem gewonnenen Satz, den die Erfahrung so allgemein bestätiget, ganz besonders Gebrauch.

257. Die Höhe des Aufstaues in irgend einer Entfernung vom Wehr *LK*, Fig. 79., zu finden, ist sehr leicht, da die Curve *AOB* eine halbe Parabel ist. Zur Bestimmung des Aufstaues in Flüssen, die mit Mühlen versehen sind, kann man öfters von dieser Untersuchung den besten Gebrauch machen.

806te Beobachtung.

Z. B. In Dubuat's Grundlehren beim 191sten Versuch ist $\frac{1}{b} = \frac{1}{458}$; $M = 1114$ Kubikzoll $b = 17{,}25$; $h = 3{,}71$ (nach No. 152.); $H = 3{,}428$ (nämlich $7{,}138 - 3{,}71$); $A = \frac{1}{2} \cdot 3{,}428 \cdot 458 = 2355$ Zoll. Der Parameter der Parabel ist $p = 0{,}001248$; folglich betrug die Senkung auf 771 Fufs vom Scheitel der Parabel oder 1584 Zoll vom Ueberfall stroman gerechnet $= 0{,}99206$ Zoll. Nun war aber dicht am Ueberfall die Wassertiefe $= 7{,}138$ Zoll, das Gefälle auf die 2355 Zoll $= 1{,}714$, also $7{,}138 + 1{,}714 = 8{,}852$ Zoll. Das Gefälle des Gerinnebodens betrug auf 1584 Zoll $= 3{,}458$, und rechnet man die Senkung $= 0{,}99206$ Zoll dazu, und ziehet $4{,}45$ Zoll von $8{,}852$ Zoll ab; so erhält man die Wassertiefe am Anfang des Gerinnes $= 4{,}402$ Zoll. Nach der Erfahrung betrug selbige $4{,}282$ Zoll, daher ist der Unterschied $1\frac{1}{5}$ Linie.

807te Beobachtung.

In Dubuat's 192stem Versuch ist die Wassermenge $M = 259$ Kubikzoll, und wenn das Wasser frei abfliefsen könnte, die Wassertiefe h (nach No. 152.) $= 1{,}375$ Zoll, $\frac{1}{b} = \frac{1}{929}$, $H = 5{,}272 - 1{,}375 = 3{,}897$ Zoll; daher $A = \frac{1}{2} \cdot 3{,}897 \cdot 929 = 5430$ Zoll.

Der Parameter der Parabel = p = 0,0002660z; also auf 1584 Zoll vom Ueberfall oder 3846 Zoll vom Scheitel der Parabel an gerechnet, war die Senkung = 1,631 Zoll.

Am Ueberfall war also die Wassertiefe = 5,272,
das Gefälle = 1,9485
7,3205.

Ziehet man davon die Senkung des Wasserspiegels 1,631, und das Gefälle des Gerinnebodens = 1,704 Zoll, also zusammen 3,335 Zoll, ab; so bleibt die Wassertiefe = 3,885 Zoll am Anfang des Gerinnes übrig, welche nach der Erfahrung 3,66 Zoll war: der Unterschied ist 2¼ Linie.

Zusatz.

Ohne die bereits angeführten Gründe (No. 169. Anmerk. und No. 177.) zu berücksichtigen, läfst sich auch aus der nachstehenden Betrachtung erweisen, dafs das Gefälle nur aus derjenigen vom Wasserspiegel gebildeten Curve abgeleitet werden darf, in welche der Querschnitt fällt, wofür die Geschwindigkeit und die Wassermenge gesucht werden soll. Nämlich:

Wenn ein fliefsendes Gewässer durch einen Ueberfall in irgend einem Querschnitt aufgestauet, oder durch Wegnahme des Ueberfalls erniedriget wird, so erstreckt sich die Stauweite oder die Senkung des Wasserspiegels oberhalb des Ueberfalls nur bis zu einem bestimmten Punkt. Die Veränderung des Wasserspiegels hat also ober- und unterhalb des Ueberfalls seine Grenzen. Aber die Bewegung des Wassers in allen Querschnitten zwischen diesen Grenzen hängt ganz unleugbar blofs von der Gestaltung derjenigen Curve ab, welche der Wasserspiegel in dieser Strecke bildet: woraus allgemein zu erweisen ist, dafs jedesmal nur das Gefälle derjenigen Curve in Betracht zu ziehen ist, worin der Querschnitt fällt, in welchem Geschwindigkeit und Wassermenge bestimmt werden soll; indem die Natur schon bei Bildung der Wendepunkte im Wasserspiegel andeutet, wo der gröfste oder der geringste Gegendruck des voranfliefsenden Wassers stattfindet, weil im ersten Fall die Axe der Curve über, im andern Fall unter den Wasserspiegel fällt.

XXIV.

Von der Beschleunigung des Wassers bei Wehren, Ueberfällen und Einbauen.

258. Das Wasser, welches über vollkommene und unvollkommene Ueberfälle, durch Freischleusen oder durch verengte Abflufsöffnungen abfliefst, wird unterhalb auf eine gewisse Länge beschleuniget, verliert nach und nach durch das unterhalb langsamer fliefsende (und daher einen stärkeren Gegendruck ausübende) Wasser seine beschleunigte Bewegung, und fliefst endlich mit gleichförmiger Geschwindigkeit frei ab.

Für die Ausübung ist es öfters von grofser Wichtigkeit zu wissen, wie grofs diese Länge ist, in der das Wasser beschleuniget wird; indem dasselbe gröfstentheils, wenn nicht auf

die ganze Länge, doch auf einen aliquoten Theil derselben Auftiefung des Grundbetts, Wirbel, Widerströme u. s. w. erzeugt.

Bis jetzt hat niemand meines Wissens diesen Gegenstand wissenschaftlich untersucht, noch sich die vorstehende Aufgabe, nämlich: wie grofs jene Länge sei, in der das Wasser beschleuniget wird, vorgelegt.

259. Wenn Wasser durch irgend einen künstlichen Aufstau aus der Ruhe in beschleunigte Bewegung übergehet, und sich mit sehr grofser Geschwindigkeit in ein langsamer fliefsendes oder gar ruhendes Wasser stürzt; so legt dasselbe seinen Weg nur auf eine sehr kurze Strecke mit beschleunigter Geschwindigkeit zurück, weil der Gegendruck des langsamer fliefsenden oder gar stillstehenden Wassers die fernere Beschleunigung verhindert.

Schon Lecchi erzählt einen sehr merkwürdigen Fall, woraus hervorgehet, dafs die Beschleunigung des Wassers oberhalb liegender Querschnitte sehr bald in gleichförmige Bewegung übergehet, wenn das Wasser der unterhalb liegenden Querschnitte nicht ebenfalls beschleuniget wird.

„Bei der Stadt Fano fliefst ein Arm eines Flusses, der durch den Hafen dieser Stadt gehet, „und dicht bei dem Thor, weniger als eine Italiänische Meile vor dem Ausflusse in die See, von „einer sehr hohen abhängigen Fläche (Ueberfallswehr) mit einer erstaunlichen Geschwindigkeit her„abstürzt. Diesen Fall hatte man durch Kunst und mit grofsen Kosten gemacht, um dadurch eine „Geschwindigkeit zu erlangen, welche die verlandete Mündung sollte offen erhalten können. Aber „auf der Hälfte dieses geringen Weges (also beiläufig 2500 Fufs), den das Wasser nur noch zu „machen hatte, war diese erstaunliche Geschwindigkeit beinahe shon zernichtet. Boscowich warf „daselbst einen treibenden Körper in das Wasser, und fand durch selbigen die Geschwindigkeit nur „zu 2 Pariser Fufs in der Secunde.“

Diese Erscheinung ist erklärbar. Es mufs (Fig. 54.) in demjenigen Querschnitt *CK*, wo die Beschleunigung am gröfsten ist, das beschleunigte Wasser sich bestreben, das langsamer fliefsende fortzuschieben; dieses übt aber einen Gegendruck aus, d. h. es widerstehet, und so entstehet bei diesem Widerspiel ein Anschwellen des Wassers, welches sich in Gestalt von Wassergarben, Wellen und Widerströmen bemerklich macht.

Ist das Grundbett vertiefbar, so entstehet im Querschnitt *CK* die gröfste Auskolkung, welche sich stromau nach und nach der Ausflufsöffnung (hier dem Querschnitt *AB*) nähert. Auch wird eben in demjenigen Punkt, wo der Kampf des beschleunigten mit dem langsamer fliefsenden Wasser beginnt, der gröfste Theil der Geschwindigkeit zernichtet.

Ferner scheint es naturgemäfs zu seyn, dafs die Länge, auf welche das Wasser beschleuniget wird, desto kürzer seyn müsse, je geringer die Geschwindigkeit des Unterwassers ist.

Und endlich hängt es auch meines Erachtens von der Richtung des Strahls ab, unter welcher er das Unterwasser trifft. Fällt z. B. das Wasser über ein Ueberfallswehr beinahe senkrecht 7 bis 8 Fufs herab, so mufs die beschleunigte Geschwindigkeit viel eher zernichtet werden, als wenn mit derselben Geschwindigkeit der Strahl in horizontaler Richtung in das Unterwasser strömt.

Da mir hinlängliche Versuche über diesen für die Wasserbaukunst so wichtigen Gegenstand ganz abgehen, so muſs ich die Untersuchungen hierüber vorläufig schlieſsen.

XXV.

Von der Bestimmung der Ausflufsmenge solcher fliefsenden Gewässer, wo im letzten Querschnitt kein Gegendruck des Wassers stattfindet, sondern dasselbe in freier Luft abfliefst; und von der Senkung und Gestaltung des Wasserspiegels.

260. Bis jetzt haben wir das Gefälle des Wasserspiegels stets als gegeben angenommen, und nur die hypothetische Voraussetzung gemacht, dafs dieses gegebene Gefälle in Gestalt einer halben Parabel den Wasserspiegel begrenze. [Denn als aus Bogentheilen der Parabel zusammengesetzt kann der Wasserspiegel unter allen Umständen angesehen werden, selbst wenn der Wasserspiegel eine transcendente Curve bildet.] Bei dem gegebenen Gefälle war also zugleich die Wassermenge, die durch den Querschnitt floſs, schon bedingt, weil dessen Abmessungen ebenfalls gegeben waren.

In dieser Untersuchung wollen wir aber die Senkung des Wasserspiegels, also zugleich das Verhältnifs bestimmen, wornach das Gefälle und die Wassermenge, die diesem Gefälle zugehört, von einander abhangen. Dies führt auf nachstehende Aufgabe.

Aufgabe.

Ein Kanal von (L) Fufs Länge und (B) Fufs Breite, dessen Boden horizontal liegt, hat am Anfang (oder am obern Ende) eine Wassertiefe von (H) Fufs, das Wasser fliefst ganz frei ab; es soll die Wassertiefe am Ende des Kanals (h) (oder der Wasserstand in der Abflufsöffnung) und die Wassermenge (M), die er in der Secunde abführt, bestimmt werden.

Auflösung. Fig. 81. stelle diesen Kanal vor: dabei bezeichne $AF = L$; $FE = H$; $AB = h$; und BE sei eine halbe Parabel, deren Scheitel in B und Axe BI ist. Der Flächeninhalt des Querschnitts $EF = Q$, der Umfang $= P$. Man mache ferner $FH = AF$, verlängere BK bis I, so dafs $IK = BK$; desgleichen werde die halbe Parabel ebenfalls bis G verlängert, so dafs $BE = EG$: durch den Punkt G ziehe man die Parallele GDC mit AH; fälle die Perpendikuläre CB, DE und GH, und nenne $GH = \mathfrak{H}$, so kann man bei der Berechnung der Wassermenge im Querschnitt EF den imaginären Querschnitt HG als den Anfang des Kanals ansehen, obgleich dieser wirklich im Querschnitt EF seinen Anfang nimmt, um das Gefälle DE, welches dem Querschnitt EF entspricht, in Rechnung bringen zu können. Alsdann ist $GI = \mathfrak{H} - h$, $EK = 0{,}707\,(\mathfrak{H} - h)$, $DE = 0{,}293\,(\mathfrak{H} - h)$, also $EF = \mathfrak{H} - 0{,}293\,(\mathfrak{H} - h) = 0{,}707\,\mathfrak{H} + 0{,}293h$, und $\mathfrak{H} = 1{,}414\,H - 0{,}414h$. Nun ist aber (nach No. 224.) die Wassermenge im Querschnitt $AB = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bh\sqrt{(h+N)} = M$, und im Querschnitt EF ist

$$M = \sqrt{\left[\frac{2g}{n}\frac{Q^3}{PL}\,0{,}293\,(\mathfrak{H} - h)\right]}, \text{ oder auch } M = \sqrt{\left[\frac{2g}{n}\frac{Q^3}{PL}\,0{,}293\,[1{,}414\,(H-h)]\right]},$$

und

und weil durch beide Querschnitte eine gleiche Wassermenge fliefsen soll; so ist

$$\tfrac{2}{3}\mu b h\sqrt{4g}\,.\,V(h+N)=\sqrt{\left[\frac{2g}{n}\frac{Q^2}{PL}\,.\,0{,}293\,[1{,}414(H-h)]\right]}.$$ (S. No. 169. und No. 224.)

Setzt man $\frac{18gQ^3}{16g\mu^2b^2nPL}=\frac{9Q^3}{8\mu^2b^2nPL}=\mathfrak{A}$, $0{,}293=\psi$, $1{,}414=\varphi$ und $1{,}414\,H=f$, so erhält man die Gleichung $h^3+Nh^2+\mathfrak{A}\psi\varphi h-\mathfrak{A}\psi f=0$.

Beispiel.

Es sei $AF=L=1000$, $B=b=10$, $H=3$ Fufs; so ist $Q=30$ □fufs, $P=16$, $\mathfrak{A}=7{,}4633$, $\mu=0{,}82$, $Q=30$, $N=0{,}1$ und $h^3+0{,}1h^2+3{,}092h-9{,}2762=0$.

Für $AB=h=1{,}605$ ist die Gleichung $=0$, also $CB=1{,}395$ Fufs und $DE=0{,}293(1{,}414\,.\,1{,}395)=0{,}57796$ Fufs.

Im Querschnitt EF ist daher die mittlere Geschwindigkeit $V=2{,}997$ und die Wassermenge $M=90$ Kubikfufs; desgleichen ist im Querschnitt AB die Wassermenge

$$M=\tfrac{2}{3}\,.\,0{,}82\,.\,7{,}91\,.\,10\,.\,1{,}605\,V(1{,}605+0{,}1)=90 \text{ Kubikfufs.}$$

Uebrigens lehren auch schon die merkwürdigen und bereits mitgetheilten Beobachtungen No. 176. bis No. 234. ähnlicher Art, dafs diese Darstellung völlig naturgemäfs ist.

Anmerk. [Man könnte auf den Gedanken gerathen, $\frac{2}{3}\mu b h\sqrt{4g}\,V(h+N)=\sqrt{\left[\frac{2gb^2h^2}{nL(b+2h)}\,.\,1{,}414(H-h)\right]}$, also $\frac{12{,}726\,.\,b}{3\,.\,nL\mu^2}=\mathfrak{A}$ zu setzen; alsdann müfste $h=\frac{\mathfrak{A}H-2N-b}{2(2+\mathfrak{A})}-\sqrt{\left[\left(\frac{\mathfrak{A}H-2N-b}{2(2+\mathfrak{A})}\right)^2-\frac{bN}{2+\mathfrak{A}}\right]}=0$, also $\frac{bN}{2+\mathfrak{A}}$ unendlich klein seyn. Dies Verfahren ist aber deshalb nicht gestattet, weil der (No. 169.) gefundene allgemeine Ausdruck nicht für solche beschleunigte Geschwindigkeit des Wassers gilt, wo kein Gegendruck statt findet; welches daher wohl zu unterscheiden ist.]

262. Hat der Boden des Kanals einen Abhang IK, Fig. 82., und man will die Wassertiefe $AB=h$ in der Abflufsöffnung, oder die Senkung des Wasserspiegels und die beifliefsende Wassermenge, die dieser Senkung entspricht, wissen; und nimmt man $KI=e$ (also doppelt so grofs als der wirkliche Abhang GF), übrigens alle Gröfsen wie vorher (in No. 261.) an: so ist $DE=0{,}293(\mathfrak{H}+e-h)$ und $EF=\mathfrak{H}+e-\frac{1}{2}e-0{,}293(\mathfrak{H}+e-h)=0{,}707\,\mathfrak{H}+0{,}207\,e+0{,}293\,h$), also

$$\mathfrak{H}=1{,}414H-0{,}293e-0{,}414h.$$

Daher ist im Querschnitt EF die Wassermenge

$$M=\sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}0{,}293(\mathfrak{H}+e-h)\right]}=\sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}0{,}293(1{,}414H+0{,}707e-1{,}414h)\right]},$$

also

$$\tfrac{2}{3}\mu b h\sqrt{4g}\,V(h+N)=\sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}0{,}293(1{,}414H+0{,}707e-1{,}414h)\right]}.$$

Heifst nun wieder $\frac{9Q^2}{8\mu^2 b^2 nPL} = \mathfrak{A}$, $0{,}293 = \psi$, $1{,}414 = \varphi$, und $1{,}414H + 0{,}707e = f$; so erhält man die Gleichung $h^3 + Nh^2 + \mathfrak{A}\psi\varphi h - \mathfrak{A}\psi f = 0$, wie vorher.

Beispiel.

Es sei $AF = L = 1000$, $B = b = 10$, $H = EF = 4$, der Abhang des Bodens, also FG, auf 1000 Fufs = 2 Fufs; so ist $IK = e = 4$, $Q = 40$, $P = 18$, $N = 0{,}4202$, $h = 2{,}55$, $M = 205$ Kubikfufs Wasser, d. h. für den Querschnitt EF; das Gefälle $DE = 1{,}4294$, $CB = 4{,}8783$; und eben so im Querschnitt AB die Wassermenge

$$M = \tfrac{2}{3} \cdot 0{,}82 \cdot 7{,}91 \cdot 10 \cdot 2{,}55\sqrt{(2{,}55 + 0{,}402)} = 190 \text{ Kubikfufs.}$$

Anmerk. Der Unterschied der beiden Wassermengen rührt daher, dafs in der letzten Formel nur diejenige Höhe in Rechnung gebracht ist, welche der Geschwindigkeit zugehört, die in EF, Fig. 82., angetroffen wird; es mufs aber eigentlich jedesmal diejenige Höhe in Rechnung gebracht werden, welche der Geschwindigkeit zugehört, mit welcher das Wasser vor der Abflufsöffnung ankömmt, daher $N = 1{,}002$; alsdann ist auch hier $M = 205$ Kubikfufs, wie vorher.

263. Wie weit sich die gröfsere oder geringere Zuverläfsigkeit dieses allgemeinen Ausdrucks erstreckt, davon habe ich schon No. 170. bis No. 181. Rechenschaft abgelegt; aber für den Fall, wo im letzten Querschnitt das Wasser in freier Luft abfliefst, sind nachstehende Beobachtungen merkwürdig:

No. der Beobachtungen.	Nach der Erfahrung.		Nach der Berechnung, oder nach der Gleichung No. 262.		Nach der Berechnung, oder nach der Gleichung No. 169.	No. der Beobachtungen.	*Anmerk.* Aus diesen Beobachtungen ersieht man nicht allein die Abweichung der beiden Gleichungen No. 169 und No 262, sondern auch die Brauchbarkeit derselben; wobei man auch zu berücksichtigen hat, dafs bei den Beobachtungen selbst kleine Differenzen statt gefunden haben können.
	h	M	h'	M'	M''		
748	3,431	4585	3,505	4591	4759	235	
751	3,265	4190	3,400	4568	4453	237	
758	3,296	4350	3,451	4655	4515	238	
765	3,233	4021	3,150	3816	4173	239	
783	3,560	4079	3,050	3556	4234	236	

Anmerk. [Die gröfstmögliche Wassermenge, welche irgend ein Kanal, dessen Boden eine gleichförmig fallende Linie bildet, geben könnte, würde seyn, wenn $h = H$ wäre. Es fragt sich alsó, wie grofs e seyn müfse, um diese Erscheinung hervorzubringen. Alsdann müfste seyn $M^2 = \frac{2gQ^2}{nPL} \cdot [0{,}293 \cdot 0{,}707]e$; daher $e = \frac{nPLM^2}{0{,}207152 \cdot 2gQ^2}$.

264. Hat der Boden des Kanals einen Abhang, wie Fig. 83., und wird die Ausflufsöffnung CB überdem zum Theil durch einen Ueberfall AB gesperrt; so ist die Voraussetzung, dafs der

Wasserspiegel eine halbe Parabel bilde, nur so lange zuläfsig, so lange die Wassermenge M, welche durch den Kanal fliefst, bedeutend, also CB nicht klein ist. Dies vorläufig vorausgesetzt und angenommen, dafs die Höhe des Ueberfalls oder $AB = Z$ ist; so hat man

$$DC = NM = (\mathfrak{H} + e - Z - h) \,.\, EF = 0{,}293\,(\mathfrak{H} + e - Z - h)$$
$$FH = \mathfrak{H} + e - \tfrac{1}{2}e - 0{,}293(\mathfrak{H} + e - Z - h), \text{ oder}$$
$$FH = H = 0{,}707\,\mathfrak{H} + 0{,}207\,e + 0{,}293\,Z + 0{,}293\,h,$$
$$NL = \mathfrak{H} = 1{,}414\,H - 0{,}293\,e - 0{,}414\,Z - 0{,}414\,h.$$

Im Querschnitt FH ist also die Wassermenge

$$M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}\,0{,}293\,(\mathfrak{H} + e - Z - h)\right]}, \text{ oder im Querschnitt } FH \text{ ist}$$

$$M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^3}{nPL}\,0{,}293\,(1{,}414\,H + 0{,}707\,e - 1{,}414\,Z - 1{,}414\,h)\right]},$$

und im Querschnitt BC ist $M = \frac{2}{3}\mu bh\sqrt{4g}\sqrt{(h + N)}$, also

$$\tfrac{2}{3}\mu bh\sqrt{4g}\sqrt{(h + N)} = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}\,0{,}293[1{,}414(H - Z - h) + 0{,}707\,e]\right]}.$$

Setzt man nun wieder $\frac{9Q^3}{8\mu^2b^2nPL} = \mathfrak{A}$; $0{,}293 = \psi$; $1{,}414 = \varphi$ und $1{,}414\,H + 0{,}707\,e - 1{,}414\,Z = f$, so hat man wie vorher die Gleichung

$$h^3 + Nh^2 + \mathfrak{A}\psi\varphi h - \mathfrak{A}\psi f = 0.$$

Nach dieser Gleichung habe ich nachstehende höchst merkwürdige Beobachtungen, No. 748. bis No. 799., mit Ausnahme von No. 791., berechnet.

Die Rechnungsresultate stimmen bei allen denjenigen Beobachtungen, die mit sehr grofser Genauigkeit angestellt sind, beinahe geometrisch genau, z. B. No. 788. und 789., obgleich die Breite des Kanals öfters sehr viel gröfser als die Breite der Abflufsöffnung oder $B > b$ ist. Ueberhaupt stimmen alle Rechnungsresultate mit den Erfahrungswerthen, wenn die Voraussetzung sich auch in der Natur begründet, dafs der Wasserspiegel eine Curve bildet, deren Axe unter den Wasserspiegel fällt.

Hydrometrische Messungen, welche auf die Bestimmung des Wasserstandes im letzten Querschnitt des frei in der Luft abfliefsenden Wassers, auf die Senkung des Wasserspiegels, auf die Bestimmung der Wassermenge, und auf die mittlere Geschwindigkeit in solchen fliefsenden Gewässern, deren Abflufsöffnung zum Theil versperrt ist, Bezug haben.

Der Herr Bauinspector Kypke hat die folgenden Versuche bei Bromberg in einem Bach angestellt. Man sehe deshalb Herrn Ober-Landesbaudirector Eytelwein's Handbuch der Mechanik etc. S. 136. bis S. 139. Dabei bezeichnet B die Breite des Kanals am Anfang; b die Breite in der Ausflufsöffnung; H die Wassertiefe am Anfang des Kanals; H' die Wassertiefe in der Ausflufsöffnung, nachdem sich der Wasserstrahl gesenkt hat; S die Senkung des Strahls; $H' + S = h$ den Wasserstand in der Ausflufsöffnung; $Q = BH$ den Flächeninhalt des Querschnitts am Anfang des Kanals; $Q' = (H' + S)\,b = hb$ den Flächeninhalt des Querschnitts in der Ausflufsöffnung; P den Umfang im Querschnitt Q; e den Abhang des Bodens; Z die Höhe des Ueberfalls, womit der Kanal in der Ausflufsöffnung zum Theil versperrt war; L die Länge des Kanals; μ den Contractions-Coefficienten in der Ausflufsöffnung; $N = \frac{V^2}{4g}$ die der mittleren Geschwindigkeit zugehörige Höhe, welche das Wasser schon oberhalb der Abflufsöffnung hat; M die beobachtete Wassermenge; h' den berechneten Wasserstand in der Ausflufsöffnung, wo sich der Strahl zu senken anfangen will; M' die berechnete Wassermenge. Alle Gröfsen sind in Rheinl. Zollmafs ausgedrückt.

No.	B	b	H	H'	S	h	Q	Q'	P	e	Z	L	μ	N	M	h'	M'
748	48	48	5,166	3,451	—	3,431	248	164	58	4,14	—	2880	0,74335	0,451	4585	3,505	4591
749	48	48	5,166	3,812	0,1563	3,9683	248	191	58	4,14	0,75	2880	0,62020	0,5487	4585	3,795	4227
750	48	48	5,166	3,750	0,1543	3,9043	248	187	58	4,14	1,25	2880	0,64145	0,4599	4585	3,696	4164
751	48	48	5,125	3,265	—	3,265	246	156	58	4,14	—	2880	0,7861	0,403	4290	3,400	4568
752	48	46	6,121	3,375	0,75	4,125	294	190	60	4,14	3,75	2880	0,5973	0,1717	4290	3,900	3882
753	48	40	6,306	3,750	0,75	4,500	303	180	61	4,14	3,75	2880	0,6063	0,1564	4290	4,300	4034
754	48	32	6,681	4,437	0,6677	5,104	321	163	61	4,14	3,75	2880	0,6284	0,1359	4290	4,975	4129
755	48	24	7,431	5,250	0,875	6,125	357	147	63	4,14	3,75	2880	0,6401	0,1092	4290	6,050	4209
756	48	16	8,431	6,750	1	7,750	405	124	65	4,14	3,75	2880	0,6773	0,0805	4290	7,6975	4247
757	48	8	11,806	9,750	1	10,750	567	86	72	4,14	3,75	2880	0,8265	0,0506	4290	11,505	4637
758	48	48	5,156	3,296	—	3,296	247	158	58	4,14	—	2880	0,7762	0,5	4350	3,451	4655
759	48	46	5,906	3,250	0,75	4	283	184	60	4,14	3,75	2880	0,6331	0,18229	4350	3,737	3934
760	48	40	6,344	3,625	0,875	4,5	305	180	61	4,14	3,75	2880	0,6131	0,16090	4350	4,273	4028
761	48	32	6,781	4,250	0,875	5,125	325	164	62	4,14	3,75	2880	0,6331	0,1390	4350	4,922	4096
762	48	24	7,531	5,125	1,125	6,25	362	150	63	4,14	3,75	2880	0,6298	0,10950	4350	6,050	4144
763	48	16	8,905	6,875	1	7,875	427	126	66	4,14	3,75	2880	0,6703	0,08103	4350	7,791	4280
764	48	8	11,781	9,750	0,875	10,625	565	85	72	4,14	3,75	2880	0,8582	0,05299	4350	11,546	4929
765	48	48	4,583	3,223	—	3,233	219	154	57	4,14	—	2880	0,7285	0,451	4021	3,150	3816
766	48	46	4,783	3	0,9375	3,9375	229	181	58	4,14	3,062	2880	0,5985	0,1901	4021	3,7958	3809
767	48	40	5,228	3,25	1,125	4,375	251	175	59	4,14	3,062	2880	0,5903	0,1691	4021	3,8403	3315
768	48	32	5,645	3,812	1,1875	4,9995	271	160	60	4,14	3,062	2880	0,6067	0,1439	4021	4,398	3322
769	48	24	6,333	4,562	1,375	5,937	304	143	61	4,14	3,062	2880	0,6282	0,1158	4021	5,035	3719
770	48	16	7,708	6	1,5625	7,5625	370	121	63	4,14	3,062	2880	0,6582	0,0828	4021	7,051	3622
771	48	8	10,585	9,5	1,0625	10,5625	508	85	69	4,14	3,062	2880	0,7998	0,0536	4021	10,897	4215

No.	B	b	H	H'	S	h	Q	Q'	P	e	Z	L	μ	N	M	h'	M'
772	48	6	15,593	13,375	0,623	13,998	748	84	79	4,14	4,437	2880	0,7002	0,02949	4021	15	4460
773	48	10,125	13,280	10,437	1,0625	11,4995	637	117	76	4,14	4,437	2880	0,5575	0,03947	4021	12,505	4554
774	48	14	10,281	7,375	1,1	8,475	493	119	69	4,14	4,437	2880	0,6355	0,05608	4021	9,150	4510
775	48	18	8,969	6	1	7	430	126	66	4,14	4,437	2880	0,6572	0,07153	4021	7,401	4569
776	48	25,75	7,406	4,375	0,875	5,25	355	120	63	4,14	4,437	2880	0,7045	0,09070	4021	4,198	2879
777	48	6	19,535	14,628	0,5312	15,1592	938	91	87	4,14	7,187	2880	0,6229	0,01876	4021	16,15	4431
778	48	10	15,434	10,236	0,813	11,049	741	111	79	4,14	7,187	2880	0,6002	0,02815	4021	12,109	4607
779	48	14	13,332	7,75	1,01	8,76	640	123	75	4,14	7,187	2880	0,6054	0,03674	4021	9,860	4793
780	48	18	12,093	6,276	1,099	7,375	580	133	72	4,14	7,187	2880	0,6090	0,04599	4021	8,400	4885
781	48	25,75	10,552	4,896	1	5,896	506	152	69	4,14	7,187	2880	0,5946	0,05466	4021	6,500	4652
782	48	41,375	8,656	3,500	0,625	4,125	415	171	65	4,14	7,187	2880	0,6297	0,07512	4021	4,325	4316
783	48	48	4,095	3,36	——	3,36	196	161	56	4,14	——	2880	0,699	0,53333	4079	3,050	3536
784	48	48	4,095	3	0,291	3,291	196	158	56	4,14	0,75	2880	0,7181	0,58940	4079	2,750	3109
785	48	48	4,095	2,75	0,375	3,125	196	150	56	4,14	1,25	2880	0,7819	0,5030	4079	2,475	2878
786	48	48	4,095	2,562	0,503	3,065	196	147	56	4,14	1,75	2880	0,8139	0,4157	4079	2,450	2310
787	48	48	4,095	2,625	0,625	3,250	196	156	56	4,14	2,00	2880	0,7548	0,3493	4079	2,500	2733

Anmerk. [Die Beobachtungen No. 748. bis No. 782. stimmen mit den Werthen der Gleichung $h^3 + Nh^2 + \mathfrak{M}\psi\varphi h - \mathfrak{M}\psi f = 0$ (No. 262.) gut genug überein, obgleich die Werthe *B* und *b* sehr von einander abweichen: dagegen entfernen sich die Rechnungswerthe der Beobachtungen No. 783. bis No. 787. zu sehr von den Resultaten der Erfahrung, und beweisen ganz überzeugend, dafs wenn der Wasserstand in der Abflufsöffnung geringe ist, der Wasserspiegel durchaus keine halbe Parabel bildet, deren Axe unter den Wasserspiegel fällt.]

In der Deutschen Uebersetzung von Michellotti's hydraulischen Versuchen, findet man Seite 203. nachstehende Beobachtung, alle Gröfsen im Pariser Zollmaafs ausgedrückt, die ziemlich genau mit vorstehender Gleichung zusammenstimmt.

788	24	24	22,66	8,75	r	9,75	544	210	69	—	12,333	1232	0,7521	0,4910	10118	9,375	9536

Die im Kunstkanal zu Neusalzwerk angestellten hydrometrischen Messungen, sind unter Beobachtung No. 590. bis No. 627. mitgetheilt; sucht man nun aus den daselbst gegebenen Abmessungen h' nach der Gleichung $h^3 + Nh^2 + \mathfrak{M}\psi\varphi h - \mathfrak{M}\psi f = 0$, und bemerkt, dafs 120 Fufs unterhalb der Einlafsschleuse der Querschnitt des Kanals 2,475 Fufs höher als der Fachbaum derselben liegt: so mufs diese 2,475 fufsige Erhöhung als ein Ueberfall (*Z*) angesehen und mit in Rechnung gebracht werden; alsdann ist, alle Gröfsen im rheinl. Fufsmaafs ausgedrückt:

789	20	8,5	4,87	2,35	0,125	2,475	97,4	20	30	1,900	2,475	4860	0,875	0,0400	152	2,475	152

Hätte das Grundbett eine gleichförmig fallende Linie von einem Fachbaum zum andern gebildet, so würde gefunden worden seyn:

790	20	8,5	4,87	——	——	3,3	97,4	20	30	1,9	——	4860	0,875	0,0400	236	3,3	236

In der 789sten Beobachtung stimmt der Erfahrungswerth (h) fast geometrisch genau mit dem Resultate der Berechnung nach der Gleichung (No. 264.) überein, welches sehr erfreulich ist; für die folgende Beobachtung No. 791. tritt derselbe Fall ein, jedoch für die Gleichung (No. 265.). Dubuat theilt im zweiten Theil seiner Grundlehren etc. (S. 116. bis 119.) Beobachtungen unter No. 189. 191. und 192.

mit. Nimmt man an, die Axe der Curve die den Wasserspiegel begrenzt, liege über demselben; so erhält man (nach No. 265.) für die Beobachtung No. 189. oder nach unserer Bezeichnung für die 791ste Beobachtung

No.	B	b	H'	H_1	S	h	Q	Q'	P	e	Z	L	μ	N	M	h'	M'
791	17,25	17,25	9,166	—	—	6,583	159	114	30	2,5116	4,083	648	0,74	0,6675	3888	6,350	3852

Dahingegen hat die Curve, welche den Wasserspiegel oberhalb der Abflufsöffnung in den beiden nachfolgenden Beobachtungen No. 792. und No. 793. begrenzt (und die wir schon bereits aus den Beobachtungen No. 2. und No. 1. kennen) eine solche Gestalt, dafs gar keine von allen denen in §. 260. bis §. 266. vorgetragenen Gleichungen darauf irgend eine Anwendung findet. Hierdurch wird nun ganz evident von neuem bestätiget, dafs es von der Wassermenge und der Wassertiefe in der Abflufsöffnung abhängt, ob die Axe der Curve, welche den Wasserspiegel begrenzt, über oder unter den Wasserspiegel fällt; dafs sich dies nicht aus Vernunftgründen (meines Erachtens) ermitteln läfst, und dafs deshalb jedesmal das Gefälle des Wasserspiegels gegeben seyn mufs.

792	17,225	17,225	4,625	—	—	3,166	80	55	27	3,117	4,083	1428	0,6204	0,27	1112	——	—
793	17,225	17,225	3,666	—	—	1,250	65	22	25	1,352	4,083	1356	0,5914	0,0221	859	——	—

Zu den merkwürdigsten Beobachtungen dieser Art gehören die sechs Versuche, welche Herr Gauthey in seinem *Traité de la construction des ponts. Tom. prèm. Paris* 1809. S. 240. mittheilt, und die der jetzige General-Inspektor Herr Hageau unter Gauthey's Direction angestellt hat.

(Durch die Gefälligkeit des Herren Regierungs- und Wasserbaurath Bauer in Düsseldorff, habe ich die ihm von Herren Hageau selbst mitgetheilte Beschreibung, in welcher Art diese Versuche angestellt sind, erhalten.)

No.	Périmetre des sections.	Aires des sections.	Pente par metre.	Vitesse moyenne.	Vitesse à la surface.
	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.
1	15,897	20,990	0,0000147	0,0077	0,095
2	16,091	21,798	0,0000147	0,0203	0,115
3	16,609	23,414	0,0000421	0,0343	0,122
4	16,625	22,677	0,0000484	0,0429	0,142
5	16,625	23,101	0,0000484	0,0718	0,165
6	16,723	23,505	0,0000568	0,0894	0,176

In der Kanalstrecke, die den Doub mit der Saône verbindet, zwischen der Schleuse Bonrepos und Belvoye wurden diese Versuche angestellt. Zuerst wurden die Schleusenthore von Bonrepos, Fig. 86., wohl gedichtet, und vermittelst 4 Schütze das Wasser unter verschiedenen Schützöffnungen (e) bei einer Breite von 116 Zoll, so auf dem Oberthor gehalten, dafs jedesmal dasselbe oberhalb 1 Zoll höher stand, als die Schützöffnungen gezogen waren; so also, dafs die Druckhöhe $= H = (e + 1)$ Zoll ausmachte.

(Man sehe deshalb die bereits mitgetheilten Beobachtungen No. 713. 714. 715. 716. 717. 719.) Die Wassermenge konnte in der Schleuse sehr genau gemessen werden. Der Querschnitt des Kanals war zwischen beiden Schleusen ein Trapez, dessen Grundlinie 30 und Breite in der Oberfläche 47 Fufs ausmachte, wenn der Wasserspiegel des Kanals mit dem Fachbaum oder der Oberfläche des Schleusenthors in einer

Horizontalebene lag. Die Wassertiefe war alsdann 57,957 Zoll. Der Boden des Kanals war völlig horizontal. Die Länge ea, Fig. 86, betrug 1202 Toisen = 7212 Fuſs. Man theilte diese Länge dergestalt in 4 Theile, daſs $ed = 101$, $dc = 500$, $cb = 500$ und $ba = 101$ Toisen ausmachte. In d, c, und b wurden leichte Brücken über den Kanal erbauet, woran man Scalen befestigte. Nun wurden beide Schleusen verschlossen, nachdem man vorher soviel Wasser in den Kanal gelassen hätte, daſs dasselbe nicht allein horizontal stand, sondern auch mit der Sohle der Abfluſsöffnung in einer Horizontalebene lag. Bei d, c und b wurden die Scalen genau beobachtet, und gefunden, daſs bei nachstehenden sechs Versuchen der Wasserspiegel von e bis c, also auf eine Länge von 43272 Zoll unveränderlich horizontal blieb; obgleich bis zu 105976 Kubikzoll Wasser in den Kanal gelassen wurden.

Anmerk. [Aus diesen Beobachtungen ersieht man augenscheinlich, daſs bei sehr geringem Gefälle das Wasser auf 3606 Fuſs ganz horizontal in der Oberfläche des Wasserspiegels gefunden werden kann, und doch in Bewegung ist.]

Von c bis b fand man die Neigung des Wasserspiegels.	Von c bis a war die Neigung.	Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche wurde an den drei Brücken d, c und b, Fig. 86., gefunden.		
		d	c	b
Beobachtung No. 1 = 3 Linien = 0,25 Zoll	7,333 Linien = 0,6111 Zoll	3 Zoll	3,5 Zoll	3,75 Zoll
— 2 = 3 — = 0,25 —	7,633 — = 0,6111	3,375	3,875	4,125
— 3 = 9 — = 0,75 —	21,860 — = 1,8216	3,750	4,155	4,500
— 4 = 10 — = 0,8333 —	25,116 — = 2,0926	4,25	4,625	5,25
— 5 = 9 — = 0,75 —	25,116 — = 2,0926	4,75	5,25	5,75
— 8 = 12 — = 1,0000 —	29,495 — = 2,4580	5,25	5,75	6,75

No.	B	b	H	h	Q	Q'	P	Z	X	E	μ	N	M	h'	M'
794	564	116	61,957	4	28655	472	587	57,957	3	43272	0,5561	0,00012	8100	4,07	8348
795	564	116	64,957	7	29755	839	591	57,957	6	43272	0,6119	0,00070	22310	7,275	23694
796	564	116	67,957	10	31963	1361	617	57,957	9	43272	0,6355	0,00233	40505	11,675	47810
797	564	116	70,957	13	30958	1740	610	57,957	12	43272	0,5136	0,00522	61722	14,995	67690
798	564	116	73,957	16	31535	2088	614	57,957	15	43272	0,6448	0,01009	84532	17,975	95370
799	564	116	76,957	19	32087	2459	618	57,957	18	43272	0,6221	0,01504	105976	21,000	121100

Anmerk. [X bezeichnet die Höhe der Schützenöffnung; und es ist noch zu bemerken, daſs die Wassermenge nach der Gleichung (No. 235.) $M = \mu g b X \sqrt{(h - \frac{1}{2} X)}$, h aber nach der Gleichung No. 264. berechnet ist. Eigentlich hätte bei diesen Versuchen

$$\mu g b X \sqrt{(h - \tfrac{1}{2} X)} = \sqrt{\left[\frac{2 g Q^3}{n P L}\, 0{,}293\,(1{,}414 H + 0{,}707 e - 1{,}414 Z - 1{,}414 h)\right]}$$

gesetzt werden sollen. Man findet demnach für h die Gleichung $h = \frac{\mathfrak{A} \psi f + \frac{1}{2} X}{\mathfrak{A} \psi \varphi + 1}$, wo

$$\mathfrak{A} = \frac{Q^3}{2 \mu^2 b^2 X^2 n P L}, \quad \psi = 0{,}293 \text{ und } \varphi = 1{,}414$$

bezeichnet; alsdann müſste aber auch X, oder die Höhe der Schützöffnung, bekannt seyn.]

265. Ist die Wassermenge geringe, und fliefst das Wasser über den Ueberfall AB, Fig. 84, in der ganzen Höhe BC ab; so kann nach Beobachtung No. 791. die Axe der halben Parabel über den Wasserspiegel fallen, und alsdann ist

$EF = 0{,}707(\mathfrak{H} + e - Z - h)$, $FG = \mathfrak{H} + e - \frac{1}{2}e - 0{,}707(\mathfrak{H} + e - Z - h)$, oder

$H = 0{,}293\,\mathfrak{H} - 0{,}207\,e + 0{,}707\,Z + 0{,}707\,h$; $\mathfrak{H} = 3{,}413\,H + 0{,}707\,e - 2{,}413\,Z - 2{,}413\,h$.

Im Querschnitt FG ist daher die Wassermenge $M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL} \cdot 0{,}707(\mathfrak{H} + e - Z - h)\right]}$, oder

$M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}\, 0{,}707(3{,}413\,H + 1{,}707\,e - 3{,}413\,Z - 3{,}413\,h)\right]}$, daher

$$\tfrac{2}{3}\mu b h\sqrt{4g}\sqrt{(h+N)} = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL} \cdot 0{,}707[3{,}413(H - Z - h) + 1{,}707\,e]\right]}.$$

Setzt man wieder

$\frac{9Q^2}{8\mu^2 b^2 nPL} = \mathfrak{A}$, $0{,}707 = \psi$, $3{,}413 = \varphi$ und $3{,}413(H - Z) + 1{,}707\,e = f$,

so hat man wie vorher $h^3 + Nh^2 + \mathfrak{A}\psi\varphi h - \mathfrak{A}\psi f = 0$.

266. Wenn die convexe Gestalt des Wasserspiegels in die concave übergehen will, so scheint es gedenkbar, dafs ein Zustand eintreten könnte, wo der Wasserspiegel als eine gleichförmig fallende gerade Linie angesehen werden kann; alsdann ist Fig. 85.

$EF = \frac{1}{2}(\mathfrak{H} + e - Z - h)$, $FH = H = \frac{1}{2}(\mathfrak{H} + Z - h)$, $\mathfrak{H} = 2H - Z - h$,

und im Querschnitt FH ist $M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}\,[2(H - Z - h) + e]\right]}$; also

$\frac{2}{3}\mu b h\sqrt{4g}\sqrt{(h+N)} = \sqrt{\left[\frac{2gQ^2}{nPL}\,[2(H - Z - h) + e]\right]}$. Ist nun wieder

$\frac{9Q^2}{8\mu^2 b^2 nPL} = \mathfrak{A}$, $\psi = 1$, $\varphi = 2$, $f = 2(H - Z) + e$, so ist wie vorher

$h^3 + Nh^2 + \mathfrak{A}\varphi h - \mathfrak{A}f = 0$.

267. Aus diesen Betrachtungen, welche wir No. 264. bis No. 266. angestellt haben, sieht man die Nothwendigkeit ein, dafs jedesmal das Gefälle des Wasserspiegels gegeben seyn müsse, indem es doch wohl sehr schwierig seyn mögte, ohne die Werthe h und M zu kennen, im voraus zu bestimmen, welche von den Gleichungen No. 264. 265. oder 266. in Anwendung kommen mufs.

268. Der Herr geheime Hofrath Langsdorff hat in den Denkschriften der Königl. Akademie der Wissenschaften zu München für das Jahr 1811 und 1812, S. 513. bis S. 436., eine physisch-mathematische Abhandlung über die Bewegung des Wassers in offenen Kanälen bekannt gemacht, und die darin entwickelte Theorie mit Beispielen begleitet. Die Resultate derselben weichen aber von der Erfahrung und von meiner Darstellung ganz ungemein ab. Z. B.

für dasjenige Beispiel, welches ich (No. 261.) berechnet und wo ich $h = 1{,}605$, $M = 90$ Kubikfufs Wasser gefunden habe, erhält Herr Langsdorff,

§. 11. S. 352. $h = 1,4$, und Fig. 81. im Querschnitt AB für $M = 107$, im Querschnitt EF aber $M =$ 149 Kubikfufs Wasser, was gar nicht gestattet werden kann, indem durch jeden beliebigen Querschnitt in gleicher Zeit eine gleiche Wassermenge abfliefsen mufs.

§. 53. S. 411. wird für dasselbe Beispiel $h = 1,2$ und $M = 106$ Kubikfufs Wasser gefunden.

Für das zweite Beispiel, welches ich (No. 262.) berechnet und für $h = 2,55$, für M im Querschnitt $EF = 205$ und für M im Querschnitt $AB = 199$, und nach gehöriger Correction ebenfalls 205 Kubikfufs Wasser gefunden habe, erhält Herr Langsdorff

§. 17. S. 343. $h = 3,36$, und Fig. 82. im Querschnitt AB für $M = 257$, im Querschnitt EF aber $M = 137$ Kubikfufs Wasser, welches ebenfalls aus den vorher angeführten Gründen nicht zulässig ist.

§. 59. S. 417. wird für dasselbe Beispiel $h = 3,2$ und $M = 252$,

§. 63. S. 423. — — — — $h = 3,4$ — $M = 256$,

§. 64. S. 425. — — — — $h = 2,4$ — $M = 269$ Kubikfufs Wasser berechnet.

Dieser verehrte Gelehrte hat höchst wahrscheinlich jenen Umstand ganz übersehen, seine Theorie bedarf daher eine sehr wesentliche Correction, wohin ganz besonders gehört, dafs der Wasserspiegel in einem Kanal, dessen Boden horizontal ist, und worin das Wasser frei abfliefst, als und unter keinen Umständen eine gerade gleichförmig fallende Linie seyn kann (S. No. 165.).

269. Sieht man (Fig. 83.) den Querschnitt NL als den Anfang des Kanals an, so dafs $\mathfrak{H}$ bekannt ist und H gefunden werden soll; so ist

$FH = H = 0,707\,\mathfrak{H} + 0,207\,e + 0,293\,Z + 0,293\,h$, und man hat alsdann die Gleichung

$$\tfrac{2}{3}\mu b h \sqrt{4g}\sqrt{(h+N)} = \sqrt{\left\{\frac{2gB^3}{nL}\,\frac{(0,707\,\mathfrak{H} + 0,207\,e + 0,293\,Z + 0,293\,h)^3\,[0,293\,(\mathfrak{H} + e - Z) - h)]}{B + 2(0,707\,\mathfrak{H} + 0,207\,e + 0,293\,Z + 0,293\,h)}\right\}}$$

Setzt man $\frac{9B^3}{8\mu^2 b^2 n L} = \mathfrak{A}$; $0,707\,\mathfrak{H} + 0,207\,e + 0,293\,Z = a$; $0,293\,(\mathfrak{H} + e - Z) = f$; $0,293 = \psi$;

so hat man $h^2(h+N) = \frac{\mathfrak{A}(a+\psi h)^3(f-\psi h)}{B + 2(a+\psi h)}$, oder

$$h^4 + \left(\frac{B + 2a + 2\psi N + 3\mathfrak{A}a\psi^3 - f\mathfrak{A}\psi^3}{2\psi + \mathfrak{A}\psi^4}\right)h^3 + \left(\frac{B\overline{N} + 2aN + 3a^2\mathfrak{A}\psi^2 - 3af\mathfrak{A}\psi^2}{2\psi + \mathfrak{A}\psi^4}\right)h^2$$
$$+ \left(\frac{\mathfrak{A}\psi a^3 - 3\psi f\mathfrak{A}a^2}{2\psi + \mathfrak{A}\psi^4}\right)h - \frac{\mathfrak{A}fa^3}{2\psi + \mathfrak{A}\psi^4} = 0,$$

Aber eben um die Gleichung vom 4ten Grade und so grofse und mühsam zu berechnende Coefficienten zu vermeiden, habe ich die weit einfachere Darstellungsart gewählt, welche ich (No. 260. bis No. 266.) vorgetragen habe.

Uebrigens habe ich das No. 262. gegebene Beispiel nochmals nach dieser vorstehenden Gleichung berechnet, und $h = 2,619$ statt vorher $h = 2,55$ Fufs erhalten, welches ebenfalls $M = 205$ Kubikfufs Wasser giebt.

279. Da, wo mittelst Ueberfalls wehre die Flüsse abgesperrt werden, und das Wasser, wenn es den Wehrsattel passirt ist, in freier Luft abfliefsen mufs,

sind die No. 264. bis No. 266. gegebenen allgemeinen Ausdrücke von wesentlichem Nutzen. Auch bei Anlegung von Kanälen und Mühlgräben u. s. w., kann man von diesen Gleichungen vorzugsweise Gebrauch machen.

XXVI.

Von der Bestimmung der Ausflufsmenge solcher fliefsenden Gewässer, wo nur ein gröfserer oder geringerer Theil des Wassers in freier Luft abfliefst, je nachdem eine gröfsere oder geringere Druckhöhe nöthig wird, um das Wasser durch die gröfste Verengung des Querschnitts zu pressen.

271. Die Untersuchung, welche ich eben im Begriff bin anzustellen, hat mit der Darstellung No. 260. bis No. 270. die gröfste Aehnlichkeit. In Fig. 61. sei NO der verengte Querschnitt, dessen Wassermenge (nach No. 241.) durch die Gleichung $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{4g}.\sqrt{(H+N)}$ gefunden wird.

Durch den Querschnitt IK, Fig. 61., mufs aber dieselbe Wassermenge abfliefsen, die (nach No. 169.) durch die Gleichung $M = \sqrt{\left[\frac{2gQ^3}{nPL} 0{,}586(F-H)\right]}$ ausgedrückt wird; indem das ganze Gefälle $FR = MN = F$, welches der Länge $FIN = L$ entspricht, nur zum Theil zur Bewegung des Wassers durch den Querschnitt IK verwandt wird, da H die Druckhöhe ist, welche erfordert wird, um das Wasser durch den Querschnitt NO zu pressen. Nämlich auf die Länge $FI = \frac{L}{2} = l$ ist zur Bewegung des Wassers, um die Wassermenge M durch den Querschnitt $IK = Q$ zu führen, nur das absolute Gefälle $f = 0{,}293(F-H)$ erforderlich; das relative ist $= \frac{0{,}586(F-H)}{L}$. Es mufs daher seyn $(\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{4g}.\sqrt{(H+N)} = \sqrt{\left[\frac{2gQ^3}{nPL} 0{,}586\,(F-H)\right]}$.

Setzt man nun $0{,}586 = \varphi$, $\frac{\varphi Q^3}{2nPL\mu^2b^2} = \mathfrak{A}$, so hat man $(\frac{2}{3}H + \psi h)^2(H+N) = \mathfrak{A}(F-H)$, und daher $H^3 + (3\psi h + N)H^2 + (\frac{3}{4}\psi^2h^2 + 3\psi hN + \frac{3}{4}\mathfrak{A})H + \frac{3}{4}\psi^2h^2N - \frac{3}{4}\mathfrak{A}F = 0$.

In dieser Gleichung bezeichnet nun

H die Druckhöhe, die erforderlich ist, das Wasser durch den Querschnitt NO, Fig. 61., zu pressen;

ψ einen Coëffizienten, der die Abnahme der Geschwindigkeit von der Oberfläche nach dem Boden bestimmt. Für alle Verengungen in Flüssen und Strömen ist [nach No. 162. litt. i und nach No. 243.] $\psi = 0{,}95$. Beim Abfluss durch Brücken oder durch Oeffnungen, wo sich das Wasser oberhalb des Abflusses gegen Hindernisse, wie z. B. gegen Brückenpfeiler, Wände u. s. w. aufstauen kann, ist $\psi = 0{,}85$ [S. No. 69. und No. 243.];

h die mittlere Wassertiefe in der Abflufsöffnung des Querschnitts NO;

N die Höhe, welche der Geschwindigkeit zugehört, womit das Wasser in die verengte Abflufsöffnung einströmt;

b die Breite der Abflufsöffnung des Querschnitts NO;
μ den Contractions-Coefficienten (S. No. 218.);
Q den Flächeninhalt des Querschnitts IK, Fig. 61.;
P dessen Umfang;
L die Länge FIN;
F das ganze Gefälle FR.

Sind nun die Querschnitte oberhalb NO, Fig. 61., regulär, d. h. findet von F nach N eine stetige Zunahme der Wassertiefe statt; oder: wird der Wasserspiegel nur von einer Curve begrenzt; so ist nach dieser allgemeinen Formel, sobald H bestimmt ist, die verträgte mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts IK

$$V'' = \sqrt{\left[\frac{2gQ}{\mu PL}\, 0{,}586(F-H)\right]};\quad \text{und daraus } M = QV''.$$

Uebrigens folgt aus dieser Darstellung, dafs je gröfser die Breite und die Tiefe, oder je gröfser der Flächeninhalt des Querschnitts Q, und je kleiner der Flächeninhalt des unterhalb belegenen Querschnitts q [von welchem die Verträgung in Q abhängig ist] gefunden wird, desto geringer darf das Gefälle $F-H$ seyn, und eine desto gröfsere Druckhöhe H ist erforderlich, um in gleichen Zeiten dieselbe Wassermenge, die durch Q fliefst, auch durch q zu pressen.

Zusatz.

Wenn aber das Wasser in irgend einem Kanal nicht ganz, sondern nur zum Theil frei abfliefst, indem Hindernisse oder Stauwasser den freien Abfluls behindert, wie dies ganz besonders in allen Holländischen Auswässerungskanälen der Fall ist, die selbst bei der niedrigsten Ebbe selten einen ganz freien Abfluls durch die Auswässerungsschleusen haben, so ist, bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft, für solche Fälle so wenig die mittlere Geschwindigkeit als die Wassermenge in der Abflufsöffnung der Auswässerungsschleusen deshalb bestimmbar, weil sich die Werthe für den Coefficienten $\frac{\mathfrak{B}}{C} = \psi$ (welcher die Abnahme der Geschwindigkeit von der Oberfläche nach dem Boden bezeichnet) bis jetzt nicht mit Zuverläfsigkeit angeben lassen. No. 190. litt. e. und No. 243. ist dies ebenfalls schon bemerkt. Man sehe deshalb noch des Königl. Niederländischen Generalinspectors Herren J. Blanken Jansz, *Memoire, over het Verhang in den Waterspiegel van de voornaamste uitwaterende Kanalen en Boezems. Utrecht.* 1817; der sogar S. 10. und S. 15 den paradox scheinenden Satz aufstellt: dafs bei gleicher Wassertiefe (h) auf dem Fachbaum die auswässerden Schleusen eher eine geringere als gröfsere Breite haben müssen, um binnen einer bestimmten Zeit die gröfstmögliche Wassermenge abzuführen; und dies auch durch mehrere Erfahrungen darzuthun sucht.

Sind die Beobachtungen des Herren Blanken unbezweifelt richtig, so kann diese Erscheinung nur darin ihren Grund haben, dafs die Stauhöhe H desto gröfser, und $F-H$, als das Gefälle des Wasserspiegels im Kanal, desto kleiner wird, je geringer die Breite b der Schleuse ist.

Je gröfser aber H ist, desto geringer ist die Abnahme der Geschwindigkeit von der Oberfläche bis zum Fachbaum in der Perpendikuläre h, und desto gröfser ist der Werth $\psi = \frac{\mathfrak{B}}{C}$, und also auch $(\frac{2}{3}H + \psi h)$ in der Gleichung $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\mu g b \sqrt{(H + N)}$ (No. 241.). Es müfste auch alsdann einen Werth für b geben, wo M ein Maximum ist.

Genaue hydrometrische Messungen, um über diesen Gegenstand ins Reine zu kommen, der nicht allein für Holland, sondern für die Wissenschaft überhaupt so sehr wichtig ist, sind deshalb wünschenswerth.

272. Um von der grofsen Genauigkeit des vorstehenden allgemeinen Ausdrucks für reguläre Kanäle einen genügenden und vollgültigen Beweis zu geben; so soll die Formel auf die 3te und 745ste Beobachtung, welche den 194sten Versuch in Herrn Dubuat's Grundlehren befafst, angewendet werden.

Angenommen in dem Querschnitt der dritten Beobachtung, 51 Fufs = 612 Zoll vom Anfangspunkt entfernt (oder 612 Zoll oberhalb der verengten Abflufsöffnung), solle die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge bestimmt werden: so ist daselbst die Wassertiefe $\mathfrak{H} = 6{,}5416$ Zoll; der Flächeninhalt des Querschnitts $Q = 112{,}35$ □zoll; der Umfang $P = 30{,}333$; die Länge $l = \frac{L}{2} = 612$, welche dem Gefälle $\mathfrak{f} = 0{,}293(F - H)$ zugehört; der Contractions-Coefficient μ (S. die 745ste Beobachtung) $= 0{,}5945$; die Breite $b = 8{,}166$; die abstracte Zahl $n = 0{,}003783$; $\varphi = 0{,}586$ $\left(\text{weil } l = \frac{L}{2}\right)$; $h = 2{,}1666$; $\psi h = 1{,}8411$; $N = 0{,}233$ $\left(\text{weil } V'' = \sqrt{\left[\frac{2g}{nPL} 1{,}414(F - H)\right]}\right.$, $\left.\text{also } N = \frac{V''^2}{4g}\right)$; $\mathfrak{A} = \frac{\varphi Q^3}{nPL^2 b^2} = 129{,}8$; $F = 5{,}172$. Daher $H^3 + 5{,}674H^2 + 3{,}01H + 1{,}56 - 1510 = 0$. Für $H = 4{,}4$ ist die Gleichung $= 0$, also $F - H = 5{,}172 - 4{,}4 = 0{,}772$, und $\mathfrak{f} = 0{,}293 . 0{,}772 = 0{,}226196$. Daher ist $V'' = 10{,}696$ Zoll, $M = 1206$ Kubikzoll Wasser; die Erfahrung gab aber $M = 1472$ Kubikzoll. Die Abweichung von $\frac{1}{8}$ des Ganzen rührt augenscheinlich daher, dafs die Curve, welche den Wasserspiegel oberhalb der Verengung begrenzt, nicht die hohle Seite dem Boden zukehrt, also deren Axe nicht unter den Wasserspiegel fällt, wie doch angenommen ist; sondern dafs wirklich die Axe der Curve über dem Wasserspiegel liegt.

Nimmt man darauf Rücksicht, so ist $\varphi = 1{,}414$, statt vorher $\varphi = 0{,}586$; $\mathfrak{A} = 312$; $H^3 + 5{,}75H^2 + 7{,}14H + 1{,}57 - 3645 = 0$; $H = 4{,}775$; $F - H = 0{,}4$; $\mathfrak{f} = 0{,}2828$; $V'' = 11{,}984$ Zoll; $M = 1349$ Kubikzoll, welches nur um $\frac{1}{12}$ vom wahren Werth abweicht.

Da aber schon (No. 184. bis No. 189.) die Gründe vollständig entwickelt sind, warum die verträgte Geschwindigkeit des Wassers nur bedingt (nicht unter allen Umständen) auf eine directe Weise gefunden werden kann, weil mehrfache zufällige Naturerscheinungen und zufällige unberechenbare Widerstände hierauf Einfluss haben, die nicht mit in die Berechnung aufgenommen werden können; so dient diese Darstellung nur dazu, die grofse Allgemeinheit und Richtigkeit des (in No. 271.) entwickelten Ausdrucks für Kanäle und solche Gewässer, wo die Wassertiefen stetig veränder-

lich sind (überhaupt für reguläre Kanäle) zu bestätigen, wie wir im Verfolg dieser Untersuchung noch sehen werden.

Anmerkung. [Aus diesem Beispiel bestätiget sich von neuem die Behauptung (No. 169. Anmerkung, No. 177. und No. 277. Zusatz), dafs sowohl das verträgte als wie das beschleunigte Wasser eine eigne Curve bildet. Nämlich: das Gefälle des verträgten Wassers ist hier $= F - H$ und die Axe der Curve fällt über den Wasserspiegel; dagegen ist das Gefälle des beschleunigten Wassers $= H$, und die Axe der Curve fällt unter den Wasserspiegel.

Hieraus wird es also ebenfalls sehr klar: dafs in Flüssen und Strömen die Bestimmung des Gefälles und die Länge, welche diesem Gefälle für irgend einen Querschnitt entspricht, durchaus nicht willkührlich ist; sondern durch die Ortsumstände bestimmt wird; d. h. von den Curven, welche den Wasserspiegel gestalten, abhängt.]

273. Weil nun für die Ausübung niemals ganz allgemein die mittlere Geschwindigkeit in dem Querschnitt irgend eines verträgten Wassers gefunden werden kann; so bleibt kein anderes Mittel übrig, als in den verengten Querschnitten die mittlere Geschwindigkeit und die Wassermenge zu bestimmen (wie dies schon bereits No. 182. mittelst eines ganz allgemeinen Ausdrucks gelehrt ist).

Jedoch kömmt es bei dieser Untersuchung alsdann noch auf den Umstand an, ob in der Verengung selbst noch eine Druckhöhe angetroffen wird, oder überhaupt noch erforderlich ist, die mittelst des (in No. 182.) gegebenen allgemeinen Ausdrucks nicht zu bestimmen ist.

274. Setzt man die Wassermenge, welche durch den Querschnitt NO, Fig. 61., fliefst (nach No. 182.) $M = \sqrt{\left[\frac{2gb^3(H+h)^3}{nL[b+2(H+h)]}\,1{,}414(F-H)\right]}$, so kann auch dieselbe Wassermenge für denselben Querschnitt (nach No. 271.) durch die Gleichung $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{4g}\sqrt{(H+N)}$ gefunden werden. Es müfste also, wenn man $1{,}414 = \varphi$; $\frac{\varphi b}{2nL\mu^2} = \mathfrak{A}$ und $V' = \sqrt{\left[\frac{2gbh\,1{,}414F}{n(b+2h)L}\right]}$; also $N = \frac{V'^2}{4g}$ setzt, seyn

$$(\tfrac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{4g}\sqrt{(H+N)} = \sqrt{\left[\frac{2gb^3(b+H)^3\,1{,}414(F-H)}{nL[b+2(H+h)]}\right]}, \text{ oder}$$

$$H^4 + \left[\frac{\frac{8}{5}h + \frac{8}{5}N + \frac{8}{5}\psi h + \frac{4}{3}b + 3\mathfrak{A}h - \mathfrak{A}F}{(\frac{8}{5}+\mathfrak{A})}\right]H^3$$
$$+ \left[\frac{\frac{8}{5}\psi hN + 3\mathfrak{A}h^2 + \frac{8}{5}Nh + \frac{8}{5}\psi h^2 + 2\psi^2h^2 + \frac{4}{3}Nb + \frac{4}{3}\psi hb - 3\mathfrak{A}Fh}{(\frac{8}{5}+\mathfrak{A})}\right]H^2$$
$$+ \left[\frac{b\psi^2h^2 + \frac{4}{3}b\psi hN + 2N\psi^2h^2 + 2\psi^2h^3 + \frac{8}{5}\psi h^2N + \mathfrak{A}h^3 - 3\mathfrak{A}Fh^2}{(\frac{8}{5}+\mathfrak{A})}\right]H$$
$$+ \left[\frac{bN\psi^2h^2 + 2N\psi^2h^3 - \mathfrak{A}Fh^3}{(\frac{8}{5}+\mathfrak{A})}\right] = 0.$$

Diese Gleichung vom 4ten Grade müfste eigentlich jedesmal $H = 0$ geben, oder das bekannte Glied in ihr verschwinden. Findet man aber für H wirklich einen numerischen Werth, so ist dies ein ganz untrüglicher Beweis, dafs die Abmessungen des verengten Querschnitts und

die numerischen Werthe der Coefficienten ψ und μ so angenommen oder so beschaffen sind, dafs noch eine Druckhöhe vorhanden seyn mufs, die die Wassermenge M durch den verengten Querschnitt preſst.

Die wirkliche Wassermenge ist alsdann $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b \sqrt{4g} \sqrt{(H + N)}$. Beispiele erläutern den Vortrag am besten.

808te Beobachtung.

275. In der 145sten Beobachtung ist $h = 8{,}3786$; $b = 307$; $Q = 2575$ □fufs; $P = 421$; $L = 2057$; $F = 0{,}6235$; $\psi = 0{,}85$; $\mu = 0{,}9$; $V' = 3{,}5722$; $N = \frac{V'^2}{4g} = 0{,}245$. Dies giebt $H^4 + 7{,}604\,H^3 + 282{,}1\,H^2 + 931{,}7\,H - 243{,}6 = 0$; für $H = 0{,}24$ ist die Gleichung $= 0$, $M = 10128$ Kubikfufs; die Erfahrung gab $M = 9421$ Kubikfufs.

Anmerkung. [Wenn auch der Aufstau $= H$ vor der langen Brücke in der Thurmschanzen-Elbe bei Magdeburg, bei dem Wasserstande 4,41 Fufs über dem Nullpunkt des Pegels, nicht grade 0,24 Fufs betrug, wie vorstehende Gleichung ergiebt; so unterliegt es doch keinem Zweifel, dafs wirklich ein Aufstau vorhanden war, und dafs das Nivellement des Wasserspiegels, welches aus der 10ten Beobachtung und Beobachtung No. 159. bis No. 145. ersehen werden kann, nicht in aller Schärfe richtig ist. Denn alle Querschnitte oberhalb der langen Brücke sind gröfser, als der von 2575 □fufs dicht vor derselben, auch ist die Geschwindigkeit in diesem Querschnitt (Beobachtung No. 145.) gröfser als in den oberhalb belegenen; folglich muste eine Druckhöhe vorhanden seyn, die das Wasser durch die Brückenöffnung preſste, der Wasserspiegel konnte also keine gleichförmig fallende Linie darstellen. So unangenehm mir es nun auch ist, dafs diese beigebrachten Beobachtungen, die in der Elbe bei Magdeburg angestellt wurden, nicht in aller Schärfe richtig sind; so sehr befriedigend sind dagegen die Resultate der Formel No. 274. bei anderen Beobachtungen (wie die Beobachtung No. 811. No. 818. u. s. w. zeigen), so dafs diese formularische Darstellung No. 274. allen Forderungen entspricht, die in verengten Abflufsöffnungen, wo ein Gegendruck des Wassers statt findet, vorkommen können.]

809te Beobachtung.

276. In der 406ten Beobachtung ist $h = 1{,}577$; $b = 336$; $Q = 530$ □fufs; $P = 338$; $L = 224$; $F = 0{,}2419$; $\psi = 0{,}95$; $\mu = 0{,}95$; $V' = 4{,}6195$; $4g = 67{,}14$; $N = 0{,}3178$. Nun ist $H^4 + 4{,}973\,H^3 + 8{,}698\,H^2 + 3{,}463\,H - 1{,}621 = 0$. Dies giebt H nahe $= 0$, und auch zugleich die Ueberzeugung, dafs $V' = 4{,}6195$ Fufs und $M = 2448$ Calenb. Kubikfufs ist und bleibt, wie schon nach der allgemeinen Gleichung (No. 182.) gefunden worden.

277. Dies ist nun die Methode (No. 274.), welche ich (No. 182.) als diejenige anführe, durch welche man zu sicheren und der Natur der Sache völlig entsprechenden Resultaten gelangt, wenn von Bestimmung der Wassermenge in verengten Abflufsöffnungen die Rede ist. Sind die Abmessungen insgesammt richtig bestimmt, so können die Rechnungsresultate höchstens um $\frac{1}{70}$ von den Erfahrungswerthen abweichen. Dies beweisen alle diejenigen Beobachtungen, deren Abmessungen mit grofser Schärfe bestimmt sind.

278. Vergleicht man in den Beobachtungen No. 722. bis No. 746. die berechneten Werthe von H mit der Darstellung, welche ich (in No. 186.] vorgetragen habe; so begreift man leicht, dafs

die Druckhöhen H'', H''' öfters nur wenige Zolle, ja, wenige Linien betragen dürfen, um das Wasser durch die Querschnitte IK und EF, Fig. 64., zu pressen.

Aufserdem lassen sich nun alle diejenigen Erscheinungen faßlich und naturgemäfs aus dieser Darstellung ableiten, die bisher noch nicht gehörig (in Rücksicht der verträgten Geschwindigkeit des Wassers) erklärt werden konnten.

279. Da die numerischen Werthe von H stets sehr klein sind; so kann man sich einer Näherungsformel bedienen, wenn man

$(\frac{2}{3}H + \psi h)\mu b\sqrt{4g}\sqrt{(H+N)} = \sqrt{\left[\frac{2gb^3h^3\,1{,}414(F-H)}{nL(b+2h)}\right]}$ setzt: man erhält alsdann für

$1{,}414 = \varphi$, $\frac{\varphi b}{2nPL\mu^2} = \mathfrak{A}$, und $N = \frac{V'^2}{4g}$ [nämlich $V' = \sqrt{\left(\frac{2gbh\,1{,}414F}{n(b+2h)L}\right)}$],

$H^3 + (3\psi h + N)H^2 + (\frac{3}{4}\psi^2h^2 + 3\psi hN + \frac{2}{4}\mathfrak{A})H + \frac{2}{4}\psi^2h^2N - \frac{2}{4}\mathfrak{A}F = 0.$

Die Anwendbarkeit dieser Näherungsformel wird durch nachstehende Beobachtungen aufser allem Zweifel gesetzt.

280. Für die 308te Beobachtung erhält man alsdann $H = 0{,}16$ und $M = 10050$ Kubikfufs,
Für die 309te Beobachtung — — — $H = 0$ und $M = 2448$ Kubikfufs.

310te Beobachtung.

281. In der 336sten Beobachtung ist $h = 1{,}759$; $b = 300$; $Q = 542$ □fufs; $P = 309$; $L = 600$; $F = 0{,}1565$; $\psi = 0{,}95$; $\mu = 0{,}95$; $V' = 2{,}269$; $N = 0{,}08237$; $H = 0{,}0244$; $M = 1257$ Kubikfufs. Vorher (nämlich in der 336. Beobachtung) war die Wassermenge nur zu 1229 Kubikfufs berechnet, statt die Erfahrung wirklich 1578 Kubikfufs gab. Die grofse Abweichung, nämlich $\frac{1}{4}$ des Ganzen, liegt ganz natürlich in dem nicht scharf genug bestimmten Gefälle (F) des Wasserspiegels.

311te Beobachtung.

282. In der 497sten Beobachtung ist $h = 1{,}973$; $b = 304$; $Q = 600$ □fufs; $P = 306$; $L = 1584$; $F = 1{,}2193$; $\psi = 0{,}95$; $\mu = 0{,}9$; $V' = 4{,}3548$; $N = 0{,}28245$; $H = 0{,}29$; $M = 3283$ Kubikfufs. Vorher (d. h. Beobachtung No. 497.) war nur berechnet $M = 2612$ Kubikfufs. Die Erfahrung gab aber die Wassermenge, wenn der Hamelsche Pegel $= 0$ zeigte, $M = 3300$ Kubikfufs, wenn er 6 Zoll unter 0 stand, $M = 2985$ Kubikfufs; und zwischen beiden schwankte das richtige Resultat, weshalb die Gleichung (No. 278.) dem richtigen Resultat sehr nahe kömmt.

312te Beobachtung.

283. In der 529sten Beobachtung ist $h = 5{,}223$; $b = 670$; $Q = 3499$ □fufs; $P = 676$; $L = 1714$; $F = 0{,}3402$; $\psi = 0{,}95$; $\mu = 0{,}95$; $V' = 3{,}453$; $N = 0{,}19077$; $H = 0{,}085$; $M = 13213$ Kubikfufs. Vorher (d. h. Beobachtung No. 529.) war nur berechnet $M = 12083$ Kubikfufs; die wirkliche Wassermenge war aber $M = 13390$ Kubikfufs.

284. Die allgemeinen Ausdrücke, welche ich (No. 261. bis No. 266. und No. 271. bis No. 278.) entwickelt habe, sind allgemein anwendbar. Sie enthalten alle diejenigen Gegenstände, auf welche bei

Auffindung einer allgemeinen Theorie von Bewegung des Wassers in Fluſs- und Strombetten Rücksicht genommen werden muſs. Sie sind es, die uns in den Stand setzen, die verträgte Geschwindigkeit des Wassers in dem Querschnitt irgend eines flieſsenden Gewässers (wenn auch nur auf eine indirecte Weise) zu bestimmen; wenn die Abmessungen des unterhalb liegenden verengten Querschnitts und das ihm entsprechende Gefälle bekannt sind, wovon die Verträgung des Wassers in diesem Strombezirk abhängt.

Meines Bedünkens ist dies (in No. 188. 271. und 274.) überzeugend vorgetragen.

Ich habe die Resultate dieser Gleichungen mit denjenigen Resultaten verglichen, die sich in Kanälen durch hydrometrische Messungen ergeben haben, wenn selbige in ihrem Ausfluſs zum gröſseren oder zum geringeren Theil versperrt sind, oder wo das Wasser ganz frei ausströmen konnte; oder an Flüssen und Strömen, in deren Betten sich Erhebungen und Vertiefungen, ja sogar groſse Ueberfallswehre befinden; wo das Wasser steigend, horizontal, und von der Seite abgelenkt flieſst; oder wo ruhendes oder langsamer flieſsendes Wasser in Bewegung gesetzt werden muſs; deren Querschnitte ungleich und unähnlich sind; deren Ufer Krümmungen in Krümmungen machen; deren Wasserspiegel aus zahllosen Curven zusammengesetzt ist, die ihre Axe bald über bald unter dem Wasserspiegel haben; deren Pressungen also höchst ungleich befunden werden, wie dies alles die Beobachtungen No. 1. bis No. 821. nachweisen: und ich habe Resultate erhalten, die mehr oder weniger genau mit der Erfahrung übereinstimmen, je nachdem die erforderlichen Abmessungen mehr oder weniger genau haben ermittelt werden können. Aber sämmtliche Resultate bekunden die allgemeine Brauchbarkeit der entwickelten Ausdrücke (No. 261. bis No. 266. und No. 271. und No. 274.), die nur um $\frac{1}{10}$ von den Erfahrungswerthen abweichen können, wenn alle Abmessungen mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt sind, so überzeugend, dafs ich mir schmeichle, mit dem ersten Bande dieses Werks keinen ganz unwichtigen Beitrag zur Experimental-Hydraulik geliefert zu haben.

Die praktische Anwendung, die ich von diesen hier vorgetragenen Lehren im zweiten Bande zu machen gedenke, wenn mir die Vorsehung dazu Kräfte schenkt, und wenn das sachverständige Publikum meine Bemühungen nachsichtsvoll aufnimmt, werden ihre groſse Nützlichkeit und Unentbehrlichkeit bei Aufstellung allgemeiner Grundsätze, Maximen und Regeln für die Fluſsbaukunde vollständig und überzeugend bewähren.

Zusätze und Verbesserungen.

Zu No. 230.

Der gelehrte und rühmlichst bekannte Königl. Niederländ. Ober-Ingenieur Herr C. L. Brunings hat in den Verhandelingen der eerste Klasse van het Koninklyk-Nederlandsche Instituut van Wetenschappen, Letterkunde en schoone Kunsten te Amsterdam IVte Deel 1819. eine Abhandlung unter dem Titel: Onderscheidene Theorien omtrent het Vermogen der Waterleidingen getoetst aan de Ondervinding mitgetheilt, die ich so eben erhalten habe.

In dieser Abhandlung werden hydrometrische Messungen, die im Auswässerungs-Kanal zu Katwyk aan Zee gemacht worden sind, angeführt; welche die Aufmerksamkeit aller, und ganz besonders der Holländischen Hydrotechniker, in Anspruch nehmen. Von der Ausmündung dieses Kanals in die Nordsee ist die Auswässerungsschleuse 552 Rheinl. Fuſs entfernt; selbige hat 5 Oeffnungen, jede 12 Fuſs breit; sie werden durch 4 Pfeiler jeder zu 10 Fuſs breit abgeschieden, und der Fachbaum liegt 1 Fuſs höher als das horizontale Grundbett des oberen Kanals, dessen Querschnitt ein Trapez ist. Wenn die niedrigste Ebbe eintritt, so beträgt das Stauwasser aus der Nordsee auf dem Fachbaum dieser Auswässerungsschleuse $= h =$ 2,5 Fuſs, und alsdann ist das Druckwasser in den 5 Abfluſsöffnungen der Schleuse $= H =$ 1,125 Fuſs. Stehet aber das Stauwasser der Nordsee 5 Fuſs (h) hoch auf dem Fachbaum, so ist (H) nur $=$ 0,125 Fuſs. Bei diesem letzten Wasserstande ist alsdann die Breite des Ober-Kanals am Boden $=$ 52,5; an der Oberfläche 88,5; und die Wassertiefe 6 Fuſs.

Die Neigung des Wasserspiegels wurde 1261 Fuſs oberhalb der Schleuse, und 552 Fuſs unterhalb derselben bis in die Nordsee, vermittelst Scalen, die vorher nivellirt waren, für jeden Versuch beobachtet. Es ist zu bedauern, daſs Herr Brunings selbige nicht in seiner Abhandlung angeführt hat, um die Gestalt der Curve in der Oberfläche des Wassers kennen zu lernen.

Um mit Zuverlässigkeit zu erfahren, wie groſs die Wassermenge ist, welche der Kanal unter allen Umständen abführt, wenn die Druckhöhe (H) auf dem Fachbaum der Auswässerungsschleuse 0 bis 13½ Rheinl. Zoll beträgt; sind am 12. 15. 16. 18. 22. 23. 24. December 1807 und 2. 4. und 5. Januar 1808 vier und siebenzig Versuche in der Art angestellt, daſs

mittelst schwimmender Körper die mittlere Geschwindigkeit in der Oberfläche des Wassers gesucht wurde, indem man 1261 Fuſs oberhalb der Schleuse Körper auf die Oberfläche des Wassers warf, und die Zeit beobachtete, in welcher sie den Raum von 1261 Fuſs durchschwammen.

Bedeutet nun die gröſste Geschwindigkeit des oberen Kanal-Wassers in irgend einem Stromfaden $= C$; die mittlere Geschwindigkeit aller Stromfäden in der Oberfläche des Wassers $= U$, die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querschnitts im Kanal oberhalb der Auswässerungsschleuse $= V$; der Flächeninhalt des Querschnitts $= Q$; und bezeichnen M. b. h. k. H. N. μ und ψ diejenigen Gröſsen, so wie selbige in (No. 238.) angenommen sind: so berechnete der Herr General-Inspector Conrad die Wassermenge, welche der Auswässerungs-Kanal für die Secunde lieferte, durch die Gleichung $M = 0{,}976 . UQ$. Nämlich es wurde durch wirkliche Messungen $U = 0{,}953441\ C$ gefunden; und $V = 0{,}976 . 0{,}953441\ C = 0{,}93\ C$ unter der stillschweigenden Voraussetzung angenommen, daſs das Wasser im Kanal ganz frei und ungehindert abflieſse.

Unter dieser Voraussetzung fand Herr Conrad die Wassermengen, wovon ich nur nachstehende 45 Beobachtungen mittheile.

No.	H	N	$h-k$	M	No.	H	N	$h-k$	M	No.	H	N	$h-k$	M
1	0,104	0,027657	4,29	414	16	0,334	0,02533	4,17	407	31	0,417	0,04673	3,5	470
2	0,125	0,009370	5	289	17	0,334	0,03164	3,75	406	32	0,417	0,03107	4	441
3	0,125	0,038724	4,42	509	18	0,354	0,05014	3,08	420	33	0,417	0,02144	3,92	558
4	0,146	0,016041	4,71	365	19	0,354	0,00255	2,92	411	34	0,417	0,0575	2,84	420
5	0,146	0,009767	4,37	254	20	0,375	0,04378	3,54	455	35	0,500	0,03951	3,25	411
6	0,167	0,010554	4,07	286	21	0,375	0,03720	3,79	451	36	0,500	0,04944	3,42	485
7	0,167	0,013064	3,96	420	22	0,375	0,02991	4,13	428	37	0,500	0,04341	3,34	472
8	0,167	0,011932	4,42	289	23	0,375	0,05 42	3,42	506	38	0,542	0,07202	2,75	502
9	0,229	0,007211	4,75	245	24	0,396	0,03059	3,92	426	39	0,604	0,04888	3,17	460
10	0,229	0,013799	4,5	319	25	0,396	0,04497	3,67	481	40	0,667	0,04584	3,25	465
11	0,229	0,015141	4,46	330	26	0,396	0,01952	3,71	321	41	0,771	0,06364	2,67	471
12	0,229	0,033156	4,29	476	27	0,396	0,03553	3,14	451	42	0,937	0,06511	2,59	490
13	0,229	0,046349	3,88	494	28	0 396	0,06641	3,17	477	43	1,042	0,06027	2,92	540
14	0,229	0,052556	3,58	483	29	0,396	0,03220	2,92	404	44	1,083	0,07303	2,67	558
15	0,250	0,044127	3,67	456	30	0,417	0,02442	4,12	404	45	1,125	0,06930	2,5	523

Erwägt man aber, daſs das Kanal-Wasser keinesweges frei und ungehindert abflofs, sondern daſs das Wasser der Nordsee [bei 1,125 Fuſs Druckwasser auf dem Fachbaum der Schleuse 3,5, und bei 0,125 Fuſs Druckwasser 6 Fuſs] in den oberen Kanal hineinstauete, und nur durch die hydrostatischen Pressungen des Wassers in der oberen Kanal-Haltung in Bewegung gesetzt werden konnte; so begreift man leicht, daſs die von Herrn Conrad gewählte Methode, wie die Versuche angestellt, und die willkührliche Voraussetzung, wonach die Wassermengen berechnet wurden, durchaus nicht sachgemäſs, sondern daſs sämmtliche Wassermengen viel zu grofs gefunden sind; und daſs die Auswässe-

rung zu Katwyk aan Zee keinesweges so effectvoll ist, wie es die unrichtig berechneten Versuche zu ergeben scheinen. Die Gründe, die dies überzeugend darthun, sind folgende. Es ist nur alsdann $V = 0{,}976\,U$ wenn das Wasser ganz frei und gleichförmig abfliefst (S. No. 67). Aber in diesem vorliegenden Fall müssen die in der Oberfläche fliefsenden Wassertheilchen das völlig stillstehende Wasser in Bewegung setzen, und daher ist es sehr wohl möglich, dafs bei 6 Fufs Stauwasser im Kanal das Wasser nicht bis am Boden bewegt wurde, sondern schon in einer gewissen Tiefe oberhalb desselben völlig ruhete (S. No. 69); daher kann $V = 0{,}1\,C$ gefunden werden, anstatt Herr Conrad $V = 0{,}93\,C$ willkührlich annahm (No. 80). Mit dem Bruningsschen Tachometer oder dem Woltmannschen hydrometrischen Flügel hätte die Geschwindigkeit des Wassers in mehreren Perpendikulären, nicht allein in der Oberfläche, sondern bis zum Boden herab, gemessen werden müssen, um die wirkliche Wassermenge zu erhalten (S. No. 61 bis No. 65). Auch folgt hieraus, dafs so wenig die Pronysche als die Eytelweinsche Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers auf diesen Fall angewendet werden kann.

Für die Vervollkommnerung der Wissenschaft wäre es daher wünschenswerth, wenn es dem Herrn General-Inspektor Blancken Janszoon oder dem Herrn Ober-Ingenieur Brunings gefallen möchte, diese Messungen auf eine zweckmäfsigere Weise wiederholen zu lassen, und selbige demnächst bekannt zu machen.

Vielleicht wäre es möglich [da man ohne grofsen Fehler $\mu = 0{,}85$ annehmen kann] den Koefficienten ψ in der Gleichung $M = [\frac{2}{3}H + \psi(h-k)]\mu b\sqrt{[4g(H+N)]}$ näher zu ermitteln, indem ψ ganz unstreitig eine Function von h, H und N ist. Man hätte alsdann

$$\psi = \frac{M}{\mu b(h-k)\sqrt{[4g(H+N)]}} - \frac{2H}{3(h-k)}$$

Auch würde man alsdann höchst wahrscheinlich die Aufgabe (in No. 271. Zusatz) lösen können, die bei dem jetzigen Zustand der Wissenschaft nicht zu lösen, und dennoch für Holland besonders nützlich und wichtig ist.

Zu No. 276.

809te Beobachtung.

Bei Berechnung des Beispiels ist ein Rechnungsversehen begangen; diese Nummer ist daher in nachstehender Art zu verbessern. Es ist wie vorher $h = 1{,}577$; $b = 336$; $Q = 530$ □Fufs; $P = 338$; $L = 224$; $F = 0{,}2419$; $\psi = 0{,}95$; $\mu = 1$, und zwar deshalb, weil in der Beobachtung No. 404 und No. 405 die Breite b ebenfalls $= 336$ Fufs ist; $V = 4{,}6195$; $4g = 67{,}14$; $N = 0{,}3178$: deshalb ist also $\mathfrak{A} = 280{,}33$ und $H^4 + 5{,}0285\,H^3 + 7{,}7705\,H^2 + 5{,}9644\,H - 0{,}06862 = 0$. Für $H = 0{,}0115$ ist die Gleichung $= 0$; daher H beinahe $= 0$.

Dieses Resultat war auch schon von vorn her einzusehen, weil in Beobachtung No. 405 und No. 404 die Breiten oberhalb gleich sind; folglich kein irgend bedeutender Aufstau entstehen konnte.

Ueberhaupt läfst sich die allgemeine Richtigkeit der Gleichung (No. 274) durch irgend einen genauen z. B. Michelottischen Versuch [S. die 189ste Beobachtung] erweisen. Denn ist die Gleichung (No. 274) richtig, so mufs für diesen Versuch $\mu = 1$ und $H = 0$ seyn. Die Gleichung giebt aber $H = 0{,}18$ Zoll; denn es ist $H^4 + 26H^3 + 376H^2 + 1974H - 371 = 0$.

Man erhält daher (nach No. 241) $M = (\frac{2}{3} \cdot 0{,}16 + 0{,}95 \cdot 11{,}5)\, 24 \cdot \sqrt{724}\, (0{,}18 + 2{,}276)$ $= 11671$ Kubikzoll, statt dafs die Erfahrung 11472 Kubikzoll giebt. Die Abweichung beträgt $\frac{1}{60}$ des Ganzen.

Auch die Richtigkeit der Gleichung (No. 241) $M = (\frac{2}{3}H + \psi h)\, \mu b \sqrt{[4g(H+N)]}$ leuchtet noch auf eine andere Weise ein.

Nach (No. 169) ist $M = \sqrt{\left(\frac{2gQ^3\ 1{,}414F}{nPL}\right)} = 11202$ Kubikzoll, und $V = 40{,}6$ Zoll; daher $N = 2{,}276$. Substituirt man diesen Werth in die Gleichung (No. 241) $M = \psi h b \sqrt{4gN}$ (weil $H = 0$ und $\mu = 1$ seyn soll), so findet man $M = 10633$ Kubikzoll, welches vom wahren Werth um $\frac{1}{14}$ abweicht. Hieraus kann man also ganz zuverlässig folgern:

Erstens, dafs bei richtiger Bestimmung der Abmessungen, die Abweichung der Formel zum höchsten $\frac{1}{10}$ vom Erfahrungswerth betragen kann; und dafs man

Zweitens in der Ausübung H sehr leicht durch die Näherungsformel

$$H = \frac{bN\psi^2h^2 + 2N\psi^2h^3 - \mathfrak{A}Fh^3}{b\psi^2h^2 + \frac{4}{3}b\psi hN + 2N\psi^2h^2 + 2\psi^2h^3 + \frac{4}{3}\psi h^2N + \mathfrak{A}h^3 - 3\mathfrak{A}Fh^2}$$

findet, indem die mit H^4, H^3 und H^2 multiplicirten Koefficienten gröfstentheils so klein sind, dafs sie auf die Bestimmung des Werths von H keinen bedeutenden Einfluss haben können. Wenigstens kann man die Näherungsformel bis zum 2ten Grade reduciren, indem man die Werthe von H^4 und H^3 vernachlässiget.

Namen der Pränumeranten.

Im Preußischen Staat.	*Regierungsbezirk.*
A.	
Herr Abicht, Bauconducteur	Posen.
Academische-Buchhandlung . . .	Berlin.
Herr Adler, Regierungs- und Baurath .	Bromberg.
— Ahlert, Wegebau-Conducteur . . .	Cöln.
— Althoff, Wegebau-Conducteur . .	Minden.
— Androw, Schleuseninspector . . .	Magdeburg.
— Arndt, Ober-Bauinspector	Potsdam.
Archiv des Rathhauses in Colberg .	Cöslin.
B.	
Herr Bauer, Regierungs- u. Wasserbau-Rath	Düsseldorff.
— Bauschke, Wasserbau-Inspector .	Breslau.
— Beck, Conducteur	Merseburg.
— Becker, Conducteur	Merseburg.
— Becker, der Baukunst Beflissener .	Königsberg.
Bergamts-Bibliothek zu Eisleben . .	Merseburg.
Herr Bennecke, Oberamtmann zu Acken	Magdeburg
— Berger, Bauinspector	Berlin.
— Bernecke, Wegebau-Conducteur .	Reichenbach
— Biercher, Conducteur	Cöln.
— Blanck, Kanal-Bauinspector . . .	Bromberg.
— v. Blanckart, Conducteur	Berlin.
— Blanckenstein, Bauconducteur	Cleve.
— Blümler, Bühnenmeister	Magdeburg.
— Borcherts, Mathem. Befliss. in Halle	Merseburg.
— Borghards, Baueleve	Breslau.
— Bousson, Bauconducteur	Trier.
— Brandt, Bauinspector	Potsdam.
— Brasch, Bauinspector	Frankfurth.
— Braun, Conducteur	Posen.
— Briesen, Bauinspector	Merseburg.
— Briest, Baueleve	Magdeburg.
— Briex, Bauconducteur	Achen.
— Brockmann, Landbaumeister . . .	Stettin.
— Brown, Conducteur	Posen.
— Brüggerhoff, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Buchholz, Baumeister	Arnsberg.
— Bürde, Bauconducteur	Berlin.
— Burrucker, Deichinspector	Danzig.
— Butze, Deichinspector	Magdeburg.

	Regierungsbezirk.
C.	
Herr Cantian, Bauinspector	Berlin.
— Clemens, Regierungs- und Bau-Rath	Magdeburg.
— Clerk, Kaufmann in Wesel	Cleve.
— Cochius, Conducteur	Berlin.
— von Conring, Conducteur	Berlin.
— Cremer, Bauinspector	Achen.
— Cremer, Bauconducteur	Achen.
— Cruger, Lieutenant in Wesel . . .	Cleve.
D.	
Herr Danckwardt, Conducteur	Merseburg.
— Demmerich, Conducteur	Merseburg.
— Dieckhoff, Hauptmann und Wegebau-Conducteur	Arnsberg.
— Ditmann, Mauermeister zu Calbe .	Magdeburg.
— Dolscius, Conducteur	Merseburg.
— von Dömming, Conducteur	Merseburg.
— Dreves, Conducteur	Königsberg.
— Dühring, Chaussée-Bauinspector .	Dantzig.
— Dümbte, Bauinspector	Gumbinnen.
— Duncker, Ober-Bergrath in Halle.	Merseburg.
E.	
Herr Ehrhardt, Bauinspector	Cleve.
— Eichholz, Baueleve	Königsberg.
— Eichelberg, Obergeometer	Achen.
— Eichenberg, Conducteur	Potsdamm.
— Elckner, Bauinspector	Frankfurth.
— Elsner, Wasserbau-Inspector . . .	Coblenz.
F.	
Herr Fändrich, Mauermeister	Potsdamm.
— Felderhoff, Bauinspector	Düsseldorff.
— Feist, Baueleve	Breslau.
— Felisch, Bauinspector	Königsberg.
— Feller, Bauinspector	Breslau.
— Feinert, Stadt-Bauinspector	Lignitz.
— Fettig, Regierungsrath	Cleve.
— Feuerherm, Deichinspector	Frankfurth.

	Regierungsbezirk.
Herr Fiedler, Conducteur	Frankfurth.
— Fischer, Hafenbau-Conducteur	Dantzig.
— Fischer, Lieutenant	Cöslin.
— Flachmann, Oberwege-Inspector	Merseburg.
— Flügel, Wasserbau-Inspector	Magdeburg.
— Francke, Ober-Burgemeister und Kreis-Landrath	Magdeburg.
— Francke, Wasserbau-Inspector	Cöln.
— Francke, Bauinspector	Merseburg.
— Freymann, Ober-Wegeinspector	Cöln.
— Friderici, Baurath	Berlin.
— Friederich, Hauptmann vom Ingenieurcorps und Bauinspector	Reichenbach
G.	
Herr Gansangé, Conducteur	Merseburg.
— Gaul, Bauinspector	Posen.
— Gause, Bauconducteur	Gumbinnen.
— Gehricke, Bauinspector	Cöslin.
— Geiseler, Conducteur	Berlin.
— Gerhards, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Gerhard, Conducteur	Potsdamm.
— Gersdorff, Conducteur	Dantzig.
— Gesdorff, Wasserbau-Inspector	Frankfurth.
— Gethmann, Wegebau-Conducteur	Minden.
— Glahn, Wegeinspector	Magdeburg.
— von Glöden, Bauinspector	Cleve.
— Gockel, Bauinspector	Minden.
— Gödicke, Bauinspector	Magdeburg.
— Göcker, Wasserbau-Conducteur	Coblenz.
— Gottgetreu, Bauinspector	Stettin.
— Grahn, Conducteur	Merseburg.
— Graf, Conducteur	Minden.
— Gräfinghoff, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Grauer, Bauconducteur	Breslau.
— Grevel, Bauconducteur	Arnsberg.
— Grimme, Conducteur	Arnsberg.
— Grofse, Conducteur	Merseburg.
H.	
Herr Haberhauf, Bauinspector	Magdeburg.
— Habes, Geometer	Düsseldorff.
Hafen-Administration in Colberg	Cöslin.
Herr Häfner, Stadtbaumeister	Königsberg.
— Hamner, Mühlenbaumeister	Königsberg.
— Hartmann, Regierungs- und Wasserbau-Rath	Dantzig.
— Hecker, Bauinspector	Potsdamm.
— Hedemann, Wegebau-Conducteur	Coblenz.
— Heermann, Wasserbau-Inspector	Posen.
— Heermann, Bauinspector	Cleve.
— Heidfeld, Bauinspector	Potsdamm.
— Heise, Lieutenant und Architeckt	Merseburg.
— Heller, Ober-Wegeinspector	Breslau.
— Hencke, Bauinspector	Stettin.

	Regierungsbezirk.
Herr Henderick, Conducteur	Königsberg.
— Henry, Conducteur	Posen.
— Henz, Conducteur	Berlin.
— Hergen, Conducteur	Breslau.
— Herrmann, Wasserbau-Inspector	Breslau.
— Herrmann, Conducteur	Posen.
— Hertel, Bauinspector	Merseburg.
— Hesse, Conducteur	Merseburg.
— Hertzrodt, Bauinspector	Trier.
— Heuschkel, Conducteur	Merseburg.
— Hintermberg, Wegeinspector	Arnsberg.
— Hoffbauer, Conducteur	Cleve.
— Hoffmann, Conducteur	Posen.
— Holtshauer, Conducteur	Posen.
— Horn, Lieutenant	Merseburg.
— Hummel, Bauinspector	Bromberg.
— Hundeshagen, Architekt	Cöln.
I.	
Herr Jacobi, Lieutenant und Conducteur	Coblenz.
— Jester, Bauinspector	Königsberg.
— le Jüge, Landbaumeister	Königsberg.
— Jüterbock, Landbaumeister	Stettin.
K.	
Herr Kahlert, Hauptmann in der Armée und Bauinspector	Reichenbach.
— Kannengiefser, Bauinspector	Reichenbach
— Kaufmann, Bauconducteur	Magdeburg.
— Kempen, Bauinspector	Bromberg.
— Kinitz, Bauinspector	Merseburg.
— Klewitz, Mathematik-Beflissener	Arnsberg.
— Kloth, Conducteur	Minden.
— Kloth, Baueleve	Minden.
— Knebusch, Conducteur	Merseburg.
— Knorr, Stadtbaurath	Breslau.
— Knüppeln, Bauinspector	Posen.
— Kobes, Conducteur	Potsdamm.
— Köwening, Bauinspector	Trier.
— Kohlhoff, Regierungs- u. Baurath	Gumbinnen
— Koppin, Baucommissions-Rath und Ober-Deichinspector	Frankfurth.
— Köppe, Conducteur	Magdeburg.
— Kossack, Deichinspector	Dantzig.
— Krage, Kämmerer und Fabrikant in Quedlenburg	Magdeburg.
— Krahmer, Baurath	Berlin.
— Krahmer, Conducteur	Merseburg.
— Krause, Wasserbau-Inspector	Oppeln.
— Krause, Wegebau-Inspector	Reichenbach
— Krause, Baueleve	Minden.
— Kraushaar, Bauinspector	Minden.
— Krüger, Stadtbaurath und Schlofsbaumeister	Potsdamm.
— Kühnel, Conducteur	Merseburg.

	Regierungs-bezirk.
Herr Kühne, Beamte zu Rajock	Magdeburg.
— Küster, Conducteur	Coblenz.
L.	
Herr Lange, Conducteur	Merseburg.
— von Lassaulx, Bauinspector	Coblenz.
— Laudien, Conducteur	Königsberg.
— Lauterborn, Bauinspector	Trier
— Lawrenz, Conducteur	Stettin.
— Lehmann, Regierungs- und Baurath	Münster.
— Lehmann, Baueleve	Magdeburg.
— Lentz, Conducteur	Berlin.
— Lex, Geometer	Arnsberg.
— Lindenau, der Baukunst Beflissener	Königsberg.
— Lindhorst, Bauinspector	Lignitz.
— Lietzmann, Bauinspector	Magdeburg.
— Löhr, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Lucas, Wegebau-Conducteur	Arnsberg.
M.	
Herr Machler, Landbaumeister	Gumbinnen.
— Mandel, Baurath	Berlin.
— Manger, Regierungs- und Baurath	Lignitz.
— Mathias, Bauconducteur	Posen.
— Mellin, Bauconducteur	Magdeburg.
— Mentzel, Deichinspector	Dantzig.
— Meyer, Salinen-Inspector	Minden
— Meyer, Oberamtmann in Gröningen	Magdeburg.
— Meyer, Conducteur	Merseburg.
— Michaelis, Conducteur	Merseburg.
— Michaelis Conducteur	Stettin.
— Mielcarzewicz, Bauinspector	Posen.
— Mietze, Wegebau-Inspector	Arnsberg.
— Monjé in Wesel	Cleve.
— Moser, Baurath	Berlin.
— Müller, Bauinspector	Trier.
— Müller, Conducteur	Merseburg.
— Müller, Mathem. Befliss. in Halle	Merseburg.
— v. Münchow, Professor der Astronomie in Bonn	Cöln.
N.	
Herr Neufeldt, Conducteur	Dantzig.
— Neumann, Wasserbau-Inspector	Lignitz.
— Neumann, Bauconducteur	Arnsberg.
— Neumann, Conducteur	Dantzig
— Nobeling, Conducteur	Magdeburg
— Noth in Wesel	Cleve.
O.	
Oberbergamts-Bibliothek zu Halle	Merseburg.
Herr Obuch, Bauconducteur	Berlin.
— Odernheimer, Conducteur	Trier.
— Oehlschläger, Hafenbau-Inspector	Dantzig.

	Regierungs-bezirk.
P.	
Herr Pauly, Deichinspector	Frankfurth.
— Pelet, Ober-Mühleninspector	Königsberg.
— Petersen, Hafenbau-Inspector	Königsberg.
— Peterson, Regierungs- und Baurath	Posen.
— Peterson, Stadtbaurath	Bromberg.
— Piepenbrinck, Conducteur	Merseburg.
— Plate, Wegebau-Conducteur	Arnsberg.
— Plafsmann, Landbaumeister	Arnsberg.
— Präfsler, Conducteur	Merseburg.
— Premper, Conducteur	Merseburg.
— Printz, Bauinspector	Lignitz.
— Puppel, Conducteur	Berlin.
Q.	
Herr Quednow, Regierungs- und Baurath	Trier.
R.	
Herr von Rackel, Wasserbau-Conducteur	Königsberg.
— Rathsam, Conducteur	Berlin.
Regierungs-Bibliothek zu Achen	———
——— ——— zu Arnsberg	———
——— ——— zu Bromberg	———
——— ——— zu Cleve	———
——— ——— zu Düsseldorff	———
——— ——— zu Königsberg	———
——— ——— zu Liegnitz	———
——— ——— zu Minden	———
——— ——— zu Stettin	———
Herr Regge, Bauconducteur	Gumbinnen.
— Rehfeldt, Landbaumeister	Königsberg.
— Reiche, Conducteur	Posen.
— Reimann, Bauinspector	Minden.
— Reussing, Conducteur	Merseburg.
— Rietz, Bauconducteur	Achen.
— Richter, Conducteur	Berlin.
— Rollmann, Kreisrendant	Arnsberg.
— Rollmann, Conducteur	Cleve.
— v. Romberg, Freyherr und Landesdirector	Arnsberg.
— Röfsler, Wasserbau-Inspector	Achen.
— Rosenthal, Baueleve	Magdeburg.
— Rühl, Baueleve	Arnsberg.
Ruhrschiffarths-Bibliothek	Düsseldorff.
S.	
Herr Sack, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Sauer, Bauinspector	Cleve.
— Schäfer, Bauinspector	Cöslin.
— Schade, Ober-Deichinspector	Frankfurth.
— Schierlitz, Wasserbaumeister	Merseburg.
— Schiff, Conducteur	Merseburg.
— Schlegel, Regierungs- und Baurath	Gumbinnen.
— Schlötzer, Baurath	Berlin.
— Schlösser, Baueleve	Reichenbach
— Schmidt, Wasserbau-Inspector	Merseburg.

	Regierungk-bezirk.
Herr Schmidt, Landbau-Inspector	Merseburg.
— Schmidt, Bauinspector	Coblenz.
— Schmidt, Conducteur	Berlin.
— Schmiedicke, Bauinspector	Bromberg.
— Schmülling, Hauptm. u. Conducteur	Coblenz.
— Schimmelpfenning, Landbaumeister	Königsberg.
— Schneider, Bauinspector	Posen.
— Scholl, Wegebau-Conducteur	Posen.
— Scholtz, Conducteur	Düsseldorff
— Schönner, Bauinspector	Magdeburg.
— Schönermark, Bauinspector	Cleve.
— Schönewald, Salinenbau-Inspector	Magdeburg.
— Schönewald, Conducteur	Merseburg
— Schreiber, Bauconducteur	königsberg.
— Schüler, Wasserbau-Inspector	Cleve.
— Schüler, Conducteur	Berlin.
— Schultz, Wasserbau-Inspector	Merseburg.
— Schultz, Bauinspector	Königsberg.
— Schultz, Mauermeister	Magdeburg.
— Schuster, Regierungs- und Baurath	Cöslin.
— Schwahn, Ober-Mühleninspector	Berlin.
— Sievert, Conducteur	Posen.
— Smil, Conducteur	Bromberg.
— Sorge, Wasserbau-Inspector	Liegnitz.
— Spalding, Bauconducteur	Breslau.
— Spielhagen, Wasserbau-Inspector	Magdeburg.
— Spitz, Wegebau-Conducteur	Cleve.
— Spohn, Conducteur	Magdeburg.
— Stamm, Conducteur	Minden.
— Steinmeister, Ober-Wegeinspector	Achen.
— Steinmeister, Bauconducteur	Achen.
— Stelling, Wasserbau-Inspector	Merseburg.
— Stille, Wegebau-Conducteur	Coblenz.
— Stieler, Conducteur	Merseburg.
— Stier, Conducteur	Cöln.
— Stolpner, Conducteur	Potsdam.
— Stöpel, Bauconducteur	Merseburg.
— Stöpel, Conducteur	Merseburg.
— Struve, Conducteur	Potsdam.
— Stryk, Conducteur	Posen.
— Stephany, Baueleve	Breslau.
— Sturtzel, Conducteur	Posen.
— Studt, Baueleve	Breslau.

T.

Herr Testroet, Wasserbau-Conducteur	Düsseldorff.
— Treplin, Bauinspector	Magdeburg.
— Trippler, Conducteur	Minden.

U.

Herr Uhlig, Wegeinspector	Merseburg.
— Uhlig, Bauconducteur	Achen.
— Umpfenbach, Bauinspector	Coblenz.
— Ungenannter	Berlin.

V.

	Regierungs-bezirk.
Herr Veit, Hafenbau-Inspector	Königsberg.
— Vogel, Gutsbesitzer zu Aderslehen	Magdeburg.
— Voigt, Conducteur	Merseburg.

W.

Herr Waesemann, Bauconducteur	Cöln.
— Wagner, Conducteur	Merseburg.
— Walger, Bauconducteur	Düsseldorff.
— Wancke, Conducteur	Posen.
— Weinholdt, Wegebau-Conducteur	Reichenbach
— Wernicke, Ober-Bauinspector	Posen.
— Westram, Regierungs-Calculator	Reichenbach
— Weiss, Deichinspector	Königsberg.
— Werner, Landbaumeister	Gumbinnen.
— Weishaupt, Landbaumesser	Magdeburg.
— Wesemeyer, Zimmermeister	Magdeburg.
— Westermann	Cleve.
— Wieblitz, Landbaumeister	Cöslin.
— Wieckeradt, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Winckelmann, Ober-Deichinspector	Königsberg.
— Windgassen, Ober-Landmesser	Düsseldorff.
— Windisch, Bauinspector	Bromberg.
— Wistcke, Conducteur	Cöslin.
— Winterstein, Zimmermeister	Magdeburg.
— Witte, Grabeninspector	Potsdamm.
— Wohlgemuth, Baueleve	Königsberg.
— Wormstall, Ober-Wegeinspector	Düsseldorff.
— Wolff, Conducteur	Trier.
— Wrede, Professor in Königsberg	Königsberg.
— Wulff, Wegebau-Inspector	Arnsberg.
— Wulffstein, Conducteur	Berlin.

Z.

Herr Ziller, Conducteur	Potsdamm.
— Zahn, Conducteur	Merseburg.
— Zimmermann, Baueleve	Königsberg.

Hannover.

Herr Dincklage, Geometer in Ortlenburg.
— Heye, Deichinspector in Hitzacker.

Holland.

Herr Beyerinck, Ingenieur vom Wasserstaat zu Nymegen.
— Trost, Postdirector zu Arnheim.

Mecklenburg-Schwerin.

Herr Kern, Conducteur in Schwerin.
— Plener, Geometer in Dömitz.
— Stiller, Buchhändler in Rostock.
— Wunsch, Ober-Landbaumeister in Schwerin.

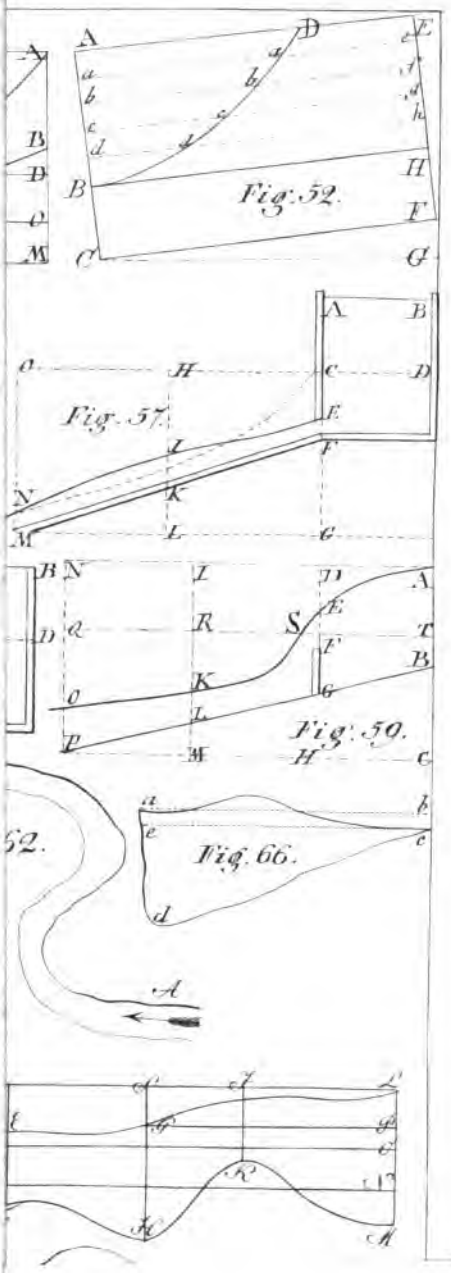


Fig. 52.
Fig. 57.
Fig. 59.
Fig. 66.

	Regierungk-bezirk.
Herr Schmidt, Landbau-Inspector	Merseburg.
— Schmidt, Bauinspector	Coblenz.
— Schmidt, Conducteur	Berlin.
— Schmiedicke, Bauinspector	Bromberg.
— Schmülling, Hauptm. u. Conducteur	Coblenz.
— Schimmelpfenning, Landbaumeister	Königsberg.
— Schneider, Bauinspector	Posen.
— Scholl, Wegebau-Conducteur	Posen.
— Scholtz, Conducteur	Düsseldorff.
— Schönner, Bauinspector	Magdeburg.
— Schönermark, Bauinspector	Cleve.
— Schönewald, Salinenbau-Inspector	Magdeburg.
— Schönewald, Conducteur	Merseburg.
— Schreiber, Bauconducteur	königsberg.
— Schüler, Wasserbau-Inspector	Cleve.
— Schüler, Conducteur	Berlin.
— Schultz, Wasserbau-Inspector	Merseburg.
— Schultz, Bauinspector	Königsberg.
— Schultz, Mauermeister	Magdeburg.
— Schuster, Regierungs- und Baurath	Cöslin.
— Schwahn, Ober-Mühleninspector	Berlin.
— Sievert, Conducteur	Posen.
— Smil, Conducteur	Bromberg.
— Sorge, Wasserbau-Inspector	Liegnitz.
— Spalding, Bauconducteur	Breslau.
— Spielhagen, Wasserbau-Inspector	Magdeburg.
— Spitz, Wegebau-Conducteur	Cleve.
— Spohn, Conducteur	Magdeburg.
— Stamm, Conducteur	Minden.
— Steinmeister, Ober-Wegeinspector	Achen.
— Steinmeister, Bauconducteur	Achen.
— Stelling, Wasserbau-Inspector	Merseburg.
— Stille, Wegebau-Conducteur	Coblenz.
— Stieler, Conducteur	Merseburg.
— Stier, Conducteur	Cöln.
— Stolpner, Conducteur	Potsdam.
— Stöpel, Bauconducteur	Merseburg.
— Stöpel, Conducteur	Merseburg.
— Struve, Conducteur	Potsdam.
— Stryk, Conducteur	Posen.
— Stephany, Baueleve	Breslau.
— Sturtzel, Conducteur	Posen.
— Studt, Baueleve	Breslau.

T.

Herr Testroet, Wasserbau-Conducteur	Düsseldorff.
— Treplin, Bauinspector	Magdeburg.
— Trippler, Conducteur	Minden.

U.

Herr Uhlig, Wegeinspector	Merseburg.
— Uhlig, Bauconducteur	Achen.
— Umpfenbach, Bauinspector	Coblenz.
— Ungenannter	Berlin.

V.

	Regierungs-bezirk.
Herr Veit, Hafenbau-Inspector	Königsberg.
— Vogel, Gutsbesitzer zu Aderslëben	Magdeburg.
— Voigt, Conducteur	Merseburg.

W.

Herr Waesemann, Bauconducteur	Cöln.
— Wagner, Conducteur	Merseburg.
— Walger, Bauconducteur	Düsseldorff.
— Wancke, Conducteur	Posen.
— Weinholdt, Wegebau-Conducteur	Reichenbach
— Wernicke, Ober-Bauinspector	Posen.
— Westram, Regierungs-Calculator	Reichenbach
— Weiss, Deichinspector	Königsberg.
— Werner, Landbaumeister	Gumbinnen.
— Weishaupt, Landbaumesser	Magdeburg.
— Wesemeyer, Zimmermeister	Magdeburg.
— Westermann	Cleve.
— Wieblitz, Landbaumeister	Cöslin.
— Wieckeradt, Wegebau-Conducteur	Düsseldorff.
— Winckelmann, Ober-Deichinspector	Königsberg.
— Windgassen, Ober-Landmesser	Düsseldorff.
— Windisch, Bauinspector	Bromberg.
— Wistcke, Conducteur	Cöslin.
— Winterstein, Zimmermeister	Magdeburg.
— Witte, Grabeninspector	Potsdamm.
— Wohlgemuth, Baueleve	Königsberg.
— Wormstall, Ober-Wegeinspector	Düsseldorff.
— Wolff, Conducteur	Trier.
— Wrede, Professor in Königsberg	Königsberg.
— Wulff, Wegebau-Inspector	Arnsberg.
— Wulffstein, Conducteur	Berlin.

Z.

Herr Ziller, Conducteur	Potsdamm.
— Zahn, Conducteur	Merseburg.
— Zimmermann, Baueleve	Königsberg.

Hannover.

Herr Dincklage, Geometer in Ortlenburg.
— Heye, Deichinspector in Hitzacker.

Holland.

Herr Beyerinck, Ingenieur vom Wasserstaat zu Nymegen.
— Trost, Postdirector zu Arnheim.

Mecklenburg-Schwerin.

Herr Kern, Conducteur in Schwerin.
— Plener, Geometer in Dömitz.
— Stiller, Buchhändler in Rostock.
— Wunsch, Ober-Landbaumeister in Schwerin.

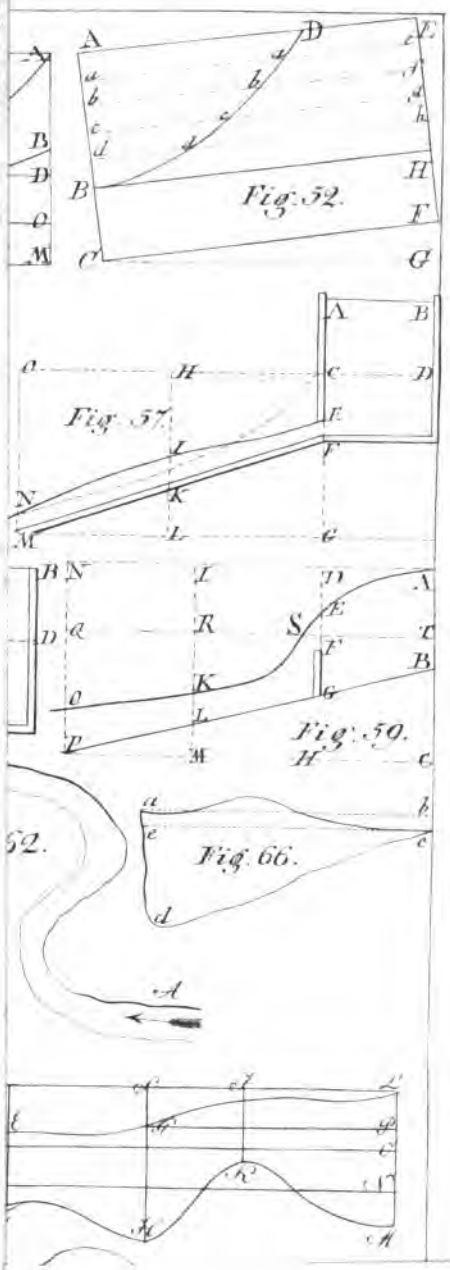


Fig: 52.
Fig: 57.
Fig: 50.
Fig: 66.

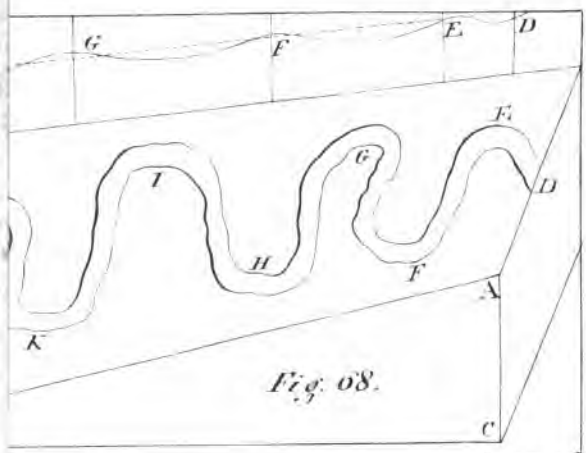


Fig. 68.

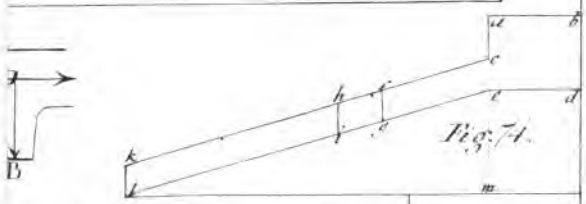
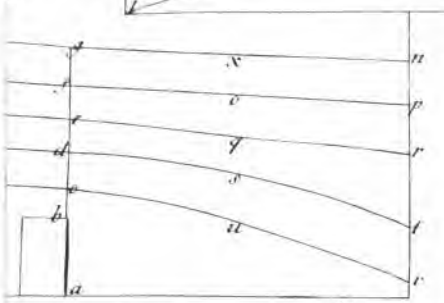


Fig. 74.



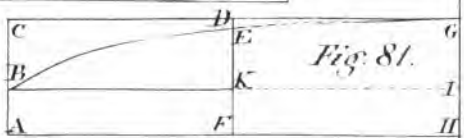
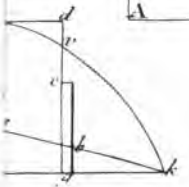


Fig. 81.



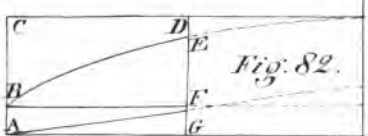
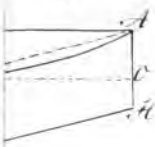


Fig. 82.



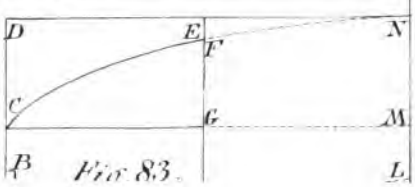


Fig. 83.

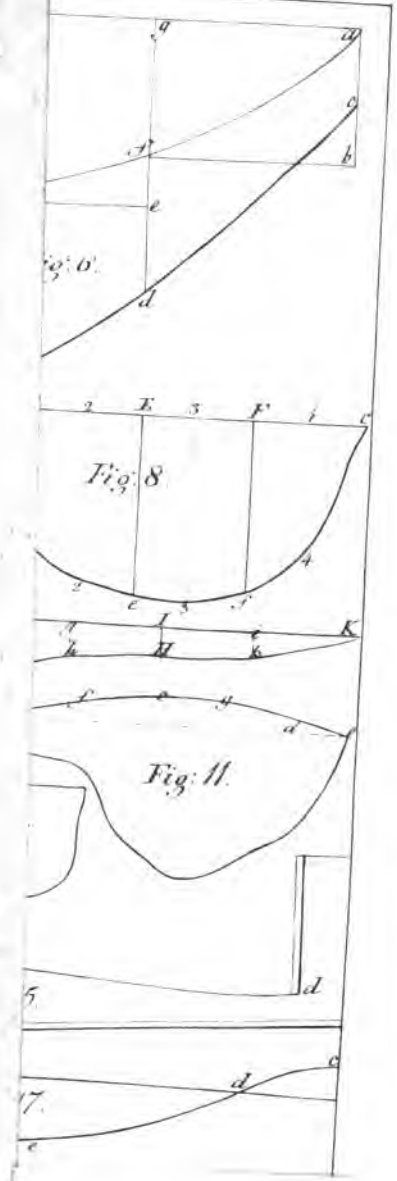


Fig: 6.
Fig: 8
Fig: 11.

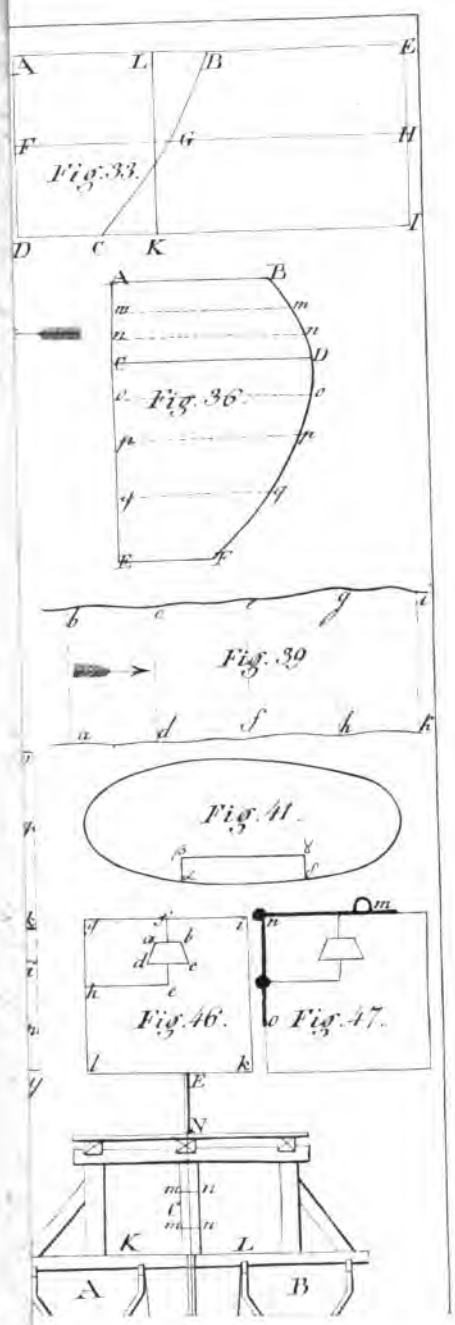
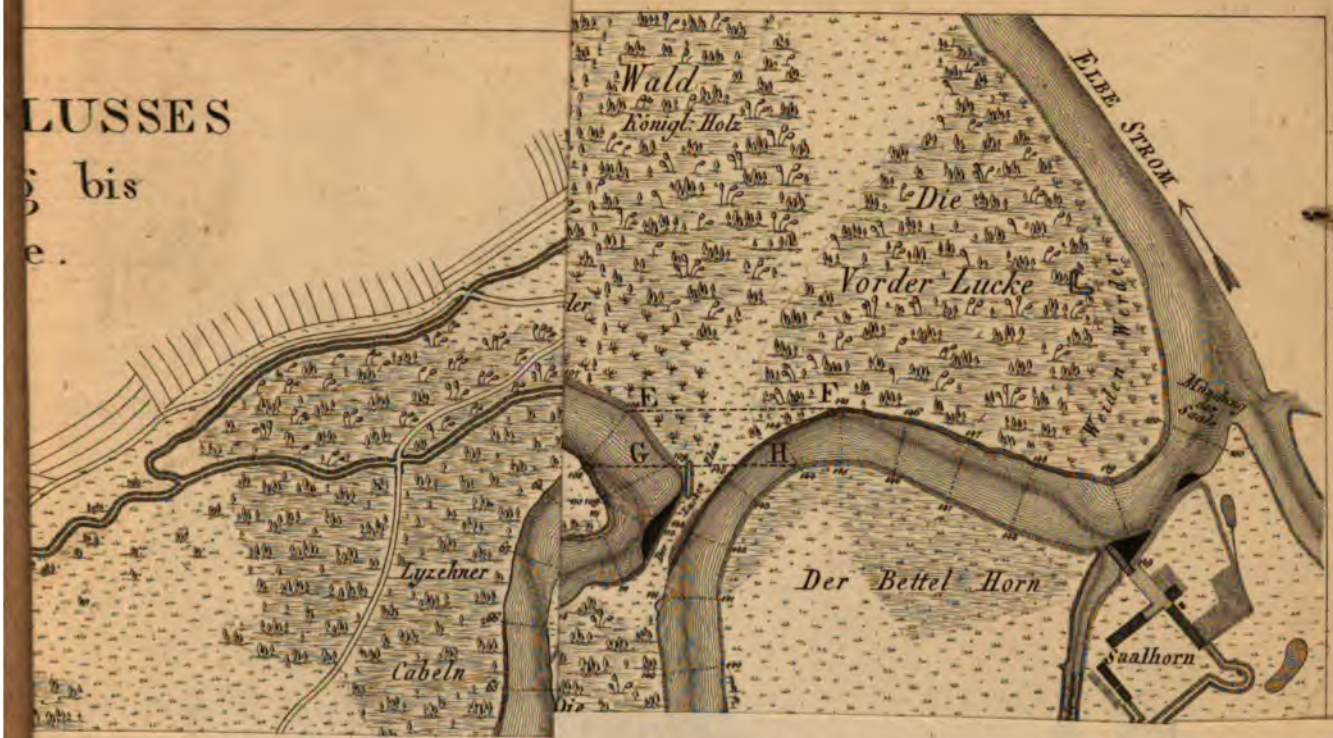
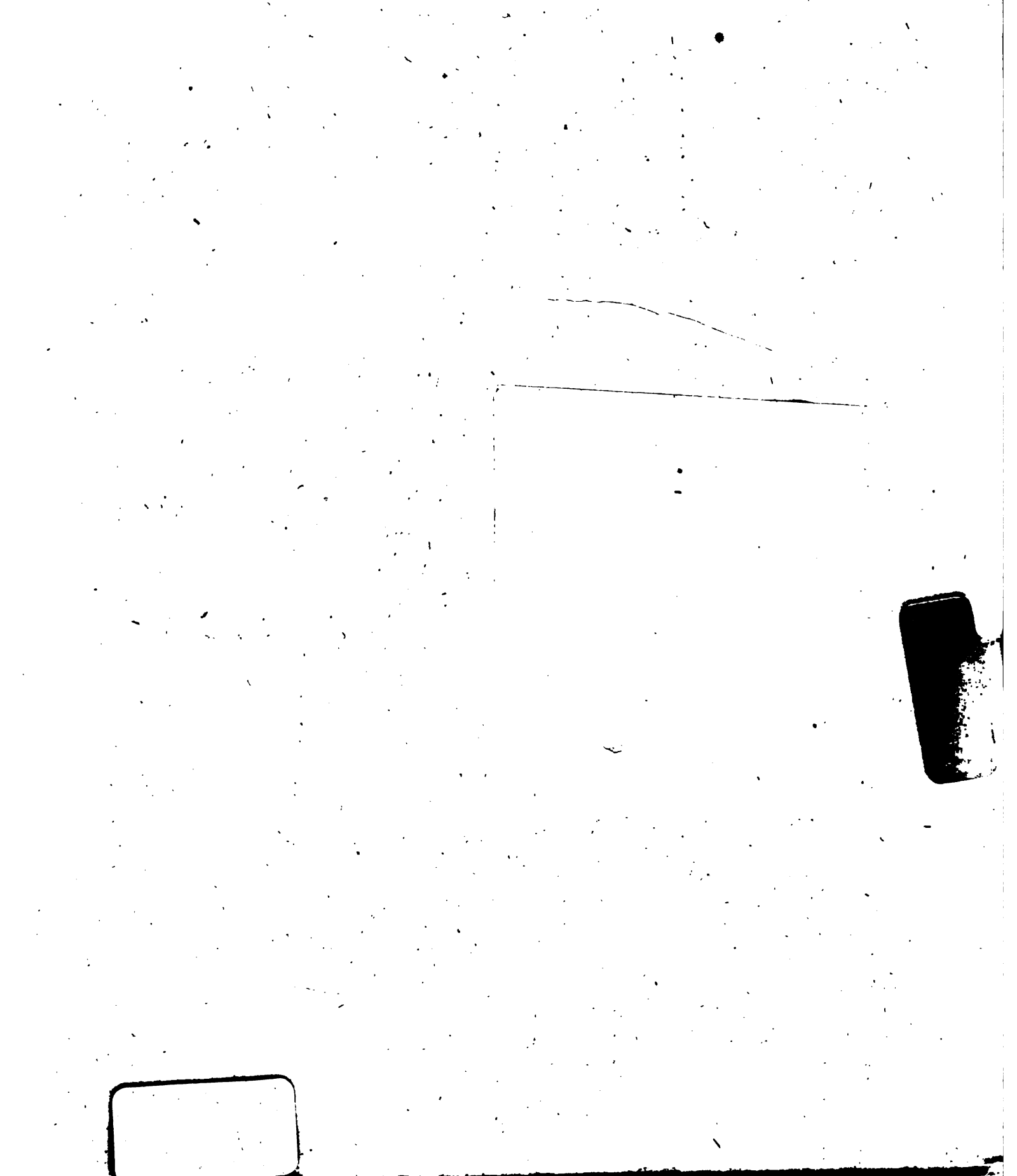


Fig. 33.
Fig. 36.
Fig. 39
Fig. 41.
Fig. 46.
Fig. 47.

LUSSES
g bis
e.





Eng 928.20
Versuch einer auf Theorie und Erfah
Cabot Science 004908221
3 2044 091 966 929